

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-064895

(43)Date of publication of application : 26.02.2004

(51)Int.Cl.

H02K 1/27  
H01F 1/053  
H01F 1/08  
H01F 41/02  
H02K 15/03  
H02K 21/22

(21)Application number : 2002-220320 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

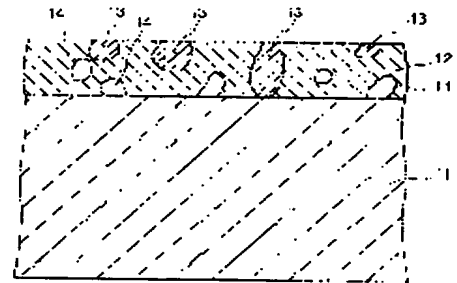
(22)Date of filing : 29.07.2002 (72)Inventor : OKONOGI ITARU  
KANBE TADASHI  
MITSUI YOJI  
SHIRAI ISATO

## (54) MANUFACTURING METHOD FOR PERMANENT MAGNET, PERMANENT MAGNET, MOTOR COMPONENT AND MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent magnet that exhibits stable characteristics for a long period of time, to provide a manufacturing method for a permanent magnet that can provide the permanent magnet, and to provide a motor component equipped with the permanent magnet, and a motor.

SOLUTION: The permanent magnet 1 comprises a magnet body 11, a plating film 12 formed on the surface of the magnet body 11, and a hole seal part 13 that is filled into a hole 14 formed in the vicinity of the surface of the plating film 12. The hole seal part 13 is mainly composed of a polymeric material. The hole seal part 13 is preferably and particularly composed of an aluminum silicate polymeric material, a polyparaxylylene resin, an acrylic resin, a silicone resin, a polyester resin and an epoxy resin. The hole seal part 13 is formed by hole sealing using a sealing material under a condition of 50cps in its viscosity. The average thickness of the plating film 12 is preferably 5 to 45 $\mu$ m.



\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

A process of forming a plating film which mainly comprised a metallic material by the plating method on the surface of a magnet body,

A manufacturing method of a permanent magnet having the process of performing sealing to a hole which exists near the surface of said plating film.

[Claim 2]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 1 performed by being filled up with sealing material in said hole.

[Claim 3]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 2 in which said sealing material mainly comprises a polymer material and/or its catalyst precursor.

[Claim 4]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 2 or 3 whose viscosity of said sealing material at the time of said sealing is 50 cps or less.

[Claim 5]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 2 to 4 which stiffens the sealing material concerned at temperature of 100 \*\* or less after being filled up with said sealing material in said hole.

[Claim 6]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 5 in which said sealing is impregnating sealing.

[Claim 7]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 6 which performs said sealing by the dry type plating method.

[Claim 8]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 7 which forms a sealing part which mainly comprised an inorganic polymer material in said

hole with said sealing.

[Claim 9]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 8 in which said inorganic polymer material is a silicic acid system polymer material.

[Claim 10]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 7 which forms a sealing part which mainly comprised a charge of an organic high polymer material in said hole with said sealing.

[Claim 11]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 10 in which said charge of an organic high polymer material is polyparaxylylene resin.

[Claim 12]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 10 or 11 which is a thing containing one sort as which said charge of an organic high polymer material is chosen from acrylic resin, silicone series resin, polyester system resin, and epoxy system resin, or two sorts or more.

[Claim 13]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 12 which performs said sealing under a decompressed atmosphere.

[Claim 14]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 13 which performs said sealing under application-of-pressure atmosphere.

[Claim 15]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 14 which forms said plating film with electrolysis plating.

[Claim 16]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 15 in which said plating film mainly comprises nickel.

[Claim 17]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 16 whose average thickness of said plating film is 5-45 micrometers.

[Claim 18]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 17 with which it is satisfied of a relation of  $0.2 < D_i/D_o < 1.0$  when thickness of said plating film formed in the  $D_o$  [μm] and inner circumference side of said magnet body in thickness of said plating film formed in the periphery side of said magnet body is set to  $D_i$  [μm].

[Claim 19]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 18 in which said plating film is a layered product of two or more layers.

[Claim 20]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 19 which is a layered product characterized by comprising the following.

A dry type plating layer in which said plating film was formed by the dry type plating method.

A wet plating layer formed in the surface side of said dry type plating layer by the wet plating method.

[Claim 21]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 20 which forms said dry type plating layer by the ion plating method.

[Claim 22]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 20 or 21 in which, as for said dry type plating layer, electrical conductivity comprises material more than  $2 \text{ [m-}\Omega^{-1} \text{ and mm}^{-2}\text{]}$ .

[Claim 23]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 20 to 22 which is a thing containing one sort as which said dry type plating layer is chosen from Cu, aluminum, Pd, Au, Ag, Pb, Sn, nickel, Fe, Co, In, V, Cr, Be, Zn, Ti, and Mn, or two sorts or more.

[Claim 24]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 20 to 23 whose average thickness of said dry type plating layer is 0.1-2.5 micrometers.

[Claim 25]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 20 to 24 which forms said wet plating layer with electrolysis plating.

[Claim 26]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 20 to 25 in which said wet plating layer mainly comprises nickel.

[Claim 27]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 20 to 26 whose average thickness of said wet plating layer is 1.5-45 micrometers.

[Claim 28]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 20 to 27 with which it is satisfied of a relation of  $0.002 < D_A/D_B < 1.667$  when average thickness of  $D_A$  [μm] and said wet plating layer is made into  $D_B$  [μm] for average thickness of said dry type plating layer.

[Claim 29]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 28 in which said magnet body is what makes approximate circle tubed.

## [Claim 30]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 29 whose void content of said magnet body is less than 7.0vol%.

## [Claim 31]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 30 which is a bond magnet with which said magnet body combines magnet powder with bonding resin.

## [Claim 32]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 31 which is a thing of a presentation characterized by comprising the following.

Said magnet powder is a rare earth element.

A transition metal.

Boron.

## [Claim 33]

A manufacturing method of the permanent magnet according to claim 31 or 32 whose content of said magnet powder in said bond magnet is 94 - 99wt%.

## [Claim 34]

A manufacturing method of the permanent magnet according to any one of claims 1 to 33 which cuts off said magnet body the corners.

## [Claim 35]

A permanent magnet comprising:

A magnet body.

A sealing part formed so that it might fill up in a hole which exists near the surface of a plating film provided in the surface of said magnet body, and said plating film.

## [Claim 36]

The permanent magnet according to claim 35 in which said sealing part mainly comprises an inorganic polymer material.

## [Claim 37]

The permanent magnet according to claim 36 in which said inorganic polymer material is a silicic acid system polymer material.

## [Claim 38]

The permanent magnet according to claim 35 in which said sealing part mainly comprises a charge of an organic high polymer material.

## [Claim 39]

The permanent magnet according to claim 38 in which said charge of an organic high polymer material is polyparaxylylene resin.

## [Claim 40]

The permanent magnet according to claim 38 or 39 which is a thing containing one sort as

which said charge of an organic high polymer material is chosen from acrylic resin, silicone series resin, polyester system resin, and epoxy system resin, or two sorts or more.

[Claim 41]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 40 in which said plating film mainly comprises nickel.

[Claim 42]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 41 whose average thickness of said plating film is 5-45 micrometers.

[Claim 43]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 42 with which it is satisfied of a relation of  $0.2 < D_i/D_o < 1.0$  when thickness of said plating film in which thickness of said plating film provided in the periphery side of said magnet body was provided at the  $D_o$  [μm] and inner circumference side of said magnet body is set to  $D_i$  [μm].

[Claim 44]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 43 in which said plating film is a layered product of two or more layers.

[Claim 45]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 44 in which said magnet body is what makes approximate circle tubed.

[Claim 46]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 45 whose void content of said magnet body is less than 7.0vol%.

[Claim 47]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 46 which is a bond magnet with which said magnet body combines magnet powder with bonding resin.

[Claim 48]

The permanent magnet according to claim 47 which is a thing of a presentation characterized by comprising the following.

Said magnet powder is a rare earth element.

A transition metal.

Boron.

[Claim 49]

The permanent magnet according to claim 47 or 48 whose content of said magnet powder in said bond magnet is 94 - 99wt%.

[Claim 50]

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 49 which cuts off said magnet body the corners.

[Claim 51]

A permanent magnet manufacturing by a method according to any one of claims 1 to 34.

[Claim 52]

Parts for motors characterized by comprising the following.

The permanent magnet according to any one of claims 35 to 51.

A support member which supports said permanent magnet.

[Claim 53]

The parts for motors according to claim 52 with which said permanent magnet is being fixed to said support member by heat caulking or press fit.

[Claim 54]

The part for motors according to claim 52 or 53 whose parts for motors are rotors.

[Claim 55]

A motor provided with the permanent magnet according to any one of claims 35 to 51.

[Claim 56]

A motor provided with the part for motors according to any one of claims 52 to 54.

[Claim 57]

The motor according to claim 55 or 56 by which maximum engine speed is used in a not less than 4000-rpm field.

[Claim 58]

The motor according to any one of claims 55 to 57 used for a hard disk drive.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the parts for a manufacturing method, a permanent magnet, and motors and motor of a permanent magnet.

[0002]

[Description of the Prior Art]

The rare earth alloy magnet which uses a rare earth metal and a transition metal as the main ingredients has magnetic properties outstanding compared with the ferrite series and the Alnico alloy system magnet.

It is used for the broad use.

[0003]

However, a rare earth alloy magnet has a fault which oxidizes easily. When especially the bond magnet that combined rare earth alloy magnet powder with bonding resin (binder) is used under a high-humidity environment, degradation of the magnetic properties by oxidation poses a problem.

Then, forming a metal membrane in the surface of a bond magnet by electroplating etc. is performed for improvement in oxidation resistance.

[0004]

However, even if it was a case where such a metal membrane was formed, it had the problem that sufficient oxidation resistance could not be acquired.

[0005]

In magnets other than bond magnets, such as a sintered magnet, although the trial which forms the above metal membranes occurred on the surface of the magnet for the purpose of corrosion-resistant improvement, improvement in a mechanical strength, etc., in such a magnet, the purpose was not fully able to be attained.

[0006]



[Problem(s) to be Solved by the Invention]

The purpose of this invention is to provide providing the permanent magnet which can demonstrate the characteristic stable over the long period of time and providing the manufacturing method of the permanent magnet which can provide the permanent magnet concerned, the parts for motors provided with said permanent magnet, and a motor.

[0007]

[Means for Solving the Problem]

Such a purpose is attained by this invention of following the (1) - (58).

[0008]

(1) A process of forming a plating film which mainly comprised a metallic material by the plating method on the surface of a magnet body,

A manufacturing method of a permanent magnet having the process of performing sealing to a hole which exists near the surface of said plating film.

[0009]

(2) A manufacturing method of a permanent magnet given in the above (1) performed by being filled up with sealing material in said hole.

[0010]

(3) A manufacturing method of a permanent magnet given in the above (2) which said sealing material comprises mainly with a polymer material and/or its catalyst precursor.

[0011]

(4) A manufacturing method of a permanent magnet the above (2) whose viscosity of said sealing material at the time of said sealing is 50 cps or less, or given in (3).

[0012]

(5) A manufacturing method of a permanent magnet the above (2) which stiffens the sealing material concerned at temperature of 100 \*\* or less after being filled up with said sealing material in said hole thru/or given in either of (4).

[0013]

(6) The above (1) in which said sealing is impregnating sealing thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (5).

[0014]

(7) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which performs said sealing by the dry type plating method thru/or given in either of (6).

[0015]

(8) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which forms a sealing part which mainly comprised an inorganic polymer material in said hole with said sealing thru/or given in either of (7).

[0016]

(9) A manufacturing method of a permanent magnet given in the above (8) in which said inorganic polymer material is a silicic acid system polymer material.

[0017]

(10) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which forms a sealing part which mainly comprised a charge of an organic high polymer material in said hole with said sealing thru/or given in either of (7).

[0018]

(11) A manufacturing method of a permanent magnet given in the above (10) in which said charge of an organic high polymer material is polyparaxylylene resin.

[0019]

(12) A manufacturing method of a permanent magnet the above (10) which is a thing containing one sort as which said charge of an organic high polymer material is chosen from acrylic resin, silicone series resin, polyester system resin, and epoxy system resin, or two sorts or more, or given in (11).

[0020]

(13) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which performs said sealing under a decompressed atmosphere thru/or given in either of (12).

[0021]

(14) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which performs said sealing under application-of-pressure atmosphere thru/or given in either of (13).

[0022]

(15) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which forms said plating film with electrolysis plating thru/or given in either of (14).

[0023]

(16) The above (1) by which said plating film is constituted mainly from nickel thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (15).

[0024]

(17) The above (1) whose average thickness of said plating film is 5-45 micrometers thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (16).

[0025]

(18) When thickness of said plating film formed in the Do [mum] and inner circumference side of said magnet body in thickness of said plating film formed in the periphery side of said magnet body is set to Di [mum], A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which satisfies a relation of  $0.2 < Di/Do < 1.0$  thru/or given in either of (17).

[0026]

(19) The above (1) in which said plating film is a layered product of two or more layers thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (18).

[0027]

(20) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which is a layered product which has a dry type plating layer in which said plating film was formed by the dry type plating method, and the wet plating layer formed in the surface side of said dry type plating layer by the wet plating method thru/or given in either of (19).

[0028]

(21) A manufacturing method of a permanent magnet given in the above (20) which forms said dry type plating layer by the ion plating method.

[0029]

(22) A manufacturing method of a permanent magnet the above (20) by which electrical conductivity is constituted from material more than  $2 \text{ [m-}\Omega^{-1} \text{ and mm}^{-2}]$  as for said dry type plating layer, or given in (21).

[0030]

(23) A manufacturing method of a permanent magnet the above (20) which is a thing containing one sort as which said dry type plating layer is chosen from Cu, aluminum, Pd, Au, Ag, Pb, Sn, nickel, Fe, Co, In, V, Cr, Be, Zn, Ti, and Mn, or two sorts or more thru/or given in either of (22).

[0031]

(24) The above (20) whose average thickness of said dry type plating layer is 0.1-2.5 micrometers thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (23).

[0032]

(25) A manufacturing method of a permanent magnet the above (20) which forms said wet plating layer with electrolysis plating thru/or given in either of (24).

[0033]

(26) The above (20) by which said wet plating layer is constituted mainly from nickel thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (25).

[0034]

(27) The above (20) whose average thickness of said wet plating layer is 1.5-45 micrometers thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (26).

[0035]

(28) When average thickness of  $D_A$  [ $\mu\text{m}$ ] and said wet plating layer is made into  $D_B$  [ $\mu\text{m}$ ] for average thickness of said dry type plating layer, A manufacturing method of a permanent magnet the above (20) which satisfies a relation of  $0.002 < D_A/D_B < 1.667$  thru/or given in either of (27).

[0036]

(29) The above (1) in which said magnet body is what makes approximate circle tubed thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (28).

[0037]

(30) The above (1) whose void content of said magnet body is less than 7.0vol% thru/or a manufacturing method of a permanent magnet given in either of (29).

[0038]

(31) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which is a bond magnet with which said magnet body combines magnet powder with bonding resin thru/or given in

either of (30).

[0039]

(32) A manufacturing method of a permanent magnet given in the above (31) which is a thing of a presentation in which said magnet powder contains a rare earth element, a transition metal, and boron.

[0040]

(33) A manufacturing method of a permanent magnet the above (31) whose content of said magnet powder in said bond magnet is 94 - 99wt%, or given in (32).

[0041]

(34) A manufacturing method of a permanent magnet the above (1) which cuts off said magnet body the corners thru/or given in either of (33).

[0042]

(35) A magnet body and a plating film provided in the surface of said magnet body  
A permanent magnet having the sealing part formed so that it might fill up in a hole which exists near the surface of said plating film.

[0043]

(36) A permanent magnet given in the above (35) which said sealing part comprises mainly with an inorganic polymer material.

[0044]

(37) A permanent magnet given in the above (36) in which said inorganic polymer material is a silicic acid system polymer material.

[0045]

(38) A permanent magnet given in the above (35) by which said sealing part is constituted mainly from a charge of an organic high polymer material.

[0046]

(39) A permanent magnet given in the above (38) in which said charge of an organic high polymer material is polyparaxylylene resin.

[0047]

(40) A permanent magnet the above (38) which is a thing containing one sort as which said charge of an organic high polymer material is chosen from acrylic resin, silicone series resin, polyester system resin, and epoxy system resin, or two sorts or more, or given in (39).

[0048]

(41) The above (35) by which said plating film is constituted mainly from nickel thru/or a permanent magnet given in either of (40).

[0049]

(42) The above (35) whose average thickness of said plating film is 5-45 micrometers thru/or a permanent magnet given in either of (41).

[0050]

(43) A permanent magnet the above (35) which satisfies a relation of  $0.2 < D_i/D_o < 1.0$  when

thickness of said plating film in which thickness of said plating film provided in the periphery side of said magnet body was provided at the Do [μm] and inner circumference side of said magnet body is set to Di [μm] thru/or given in either of (42).

[0051]

(44) The above (35) in which said plating film is a layered product of two or more layers thru/or a permanent magnet given in either of (43).

[0052]

(45) The above (35) in which said magnet body is what makes approximate circle tubed thru/or a permanent magnet given in either of (44).

[0053]

(46) The above (35) whose void content of said magnet body is less than 7.0vol% thru/or a permanent magnet given in either of (45).

[0054]

(47) A permanent magnet the above (35) which is a bond magnet with which said magnet body combines magnet powder with bonding resin thru/or given in either of (46).

[0055]

(48) A permanent magnet given in the above (47) which is a thing of a presentation in which said magnet powder contains a rare earth element, a transition metal, and boron.

[0056]

(49) A permanent magnet the above (47) whose content of said magnet powder in said bond magnet is 94 - 99wt%, or given in (48).

[0057]

(50) A permanent magnet the above (35) which cuts off said magnet body the corners thru/or given in either of (49).

[0058]

(51) A permanent magnet manufacturing by a method the above (1) thru/or given in either of (34).

[0059]

(52) Parts for motors having a support member which supports a permanent magnet of a statement, and said permanent magnet to the above (35) thru/or either of (51).

[0060]

(53) Parts for motors given in the above (52) by which said permanent magnet is being fixed to said support member by heat caulking or press fit.

[0061]

(54) The above (52) whose parts for motors are rotors, or parts for motors given in (53).

[0062]

(55) A motor equipping the above (35) thru/or either of (51) with a permanent magnet of a statement.

[0063]

(56) A motor equipping the above (52) thru/or either of (54) with parts for motors of a

statement.

[0064]

(57) A motor the above (55) for which maximum engine speed is used in a not less than 4000-rpm field, or given in (56).

[0065]

(58) A motor the above (55) used for a hard disk drive thru/or given in either of (57).

[0066]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the manufacturing method of the permanent magnet of this invention, a permanent magnet, the parts for motors, and the suitable embodiment of a motor are described, referring to an accompanying drawing.

[0067]

The expanded sectional view in which drawing 1 shows a 1st embodiment of the permanent magnet of this invention, and drawing 2 are the section perspective views of the permanent magnet shown in drawing 1. The sealing part 13 and the hole 14 were omitted and shown in drawing 2 (the same may be said of drawing 3, drawing 5, and drawing 6 which are mentioned later).

[0068]

The permanent magnet 1 of this invention is provided with the following.

Magnet body 11.

The plating film 12 formed in the magnet body 11.

The sealing part 13 formed so that it might be filled up in the hole 14 which exists near the surface of the plating film 12.

[0069]

The shape in particular of the magnet body 11 is not limited. In drawing 2, when using for the motor explained in full detail behind as an example, the thing of the shape of a suitable cylindrical shape is mentioned.

[0070]

Multi-electrode magnetization of the magnet body 11 is carried out.

As the magnet body 11, what kind of things, such as a magnet obtained by methods, such as rolling, a forge, hot extrusion, etc. besides a cast magnet, a sintered magnet, and a bond magnet, may be used, for example.

[0071]

When using for a motor which mentions the permanent magnet 1 later also in this, for example, the bond magnet which is excellent in a moldability is preferred. Thereby, outstanding magnetic properties can be acquired by being stabilized.

[0072]

A bond magnet mainly comprises magnet powder and bonding resin (binder).

[0073]

As magnet powder which constitutes a bond magnet, the rare earth magnet powder which makes a rare earth element and a transition metal a fundamental component is used suitably, for example.

[0074]

What consists of an alloy containing a rare earth element, a transition metal, and boron as rare earth magnet powder (only henceforth "magnet powder") is preferred.

[0075]

It is preferred to use what (henceforth a R-TM-B system alloy) makes a fundamental component the transition metal (TM) which is mainly concerned with R (however, at least one sort in the rare earth element in which R contains Y), and Fe especially, and B.

[0076]

As a typical thing of a R-TM-B system alloy, A Nd-Fe-B system alloy, a Pr-Fe-B system alloy, a Nd-Pr-Fe-B system alloy, a Nd-Dy-Fe-B system alloy, a Ce-Nd-Fe-B system alloy, a Ce-Pr-Nd-Fe-B system alloy, the thing that replaced a part of Fe in these with other transition metals, such as Co and nickel, etc. are mentioned.

[0077]

as said rare earth element, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, and a misch metal are mentioned -- these -- one sort -- or two or more sorts can be included. moreover -- Fe, Co, nickel, etc. are mentioned as said transition metal -- these -- one sort -- or two or more sorts can be included.

[0078]

At least two sorts in such a R-TM-B system alloy may be mixed and used. It can have an advantage of each magnet powder to mix simultaneously by this, and the magnetic properties for which it asks can be acquired easily.

[0079]

At least one sort among said R-TM-B system alloys and ferrite powder. (For example, Sr-ferrites, such as Ba-ferrites, such as BaO and  $6\text{Fe}_2\text{O}_3$ , SrO,  $6\text{Fe}_2\text{O}_3$ , the thing which replaced these parts with other transition metals and a rare earth element, etc.) may be mixed and used. It can have an advantage of each magnet powder to mix simultaneously by this, and the magnetic properties for which it asks can be acquired easily.

[0080]

In order to raise magnetic properties, such as coercive force and a maximum magnetic energy product, Or in order to raise heat resistance and corrosion resistance, in a magnet material, aluminum, Cu, Ga, Si, Ti, V, Ta, Zr, Nb, Mo, Hf, Ag, Zn, P, germanium, Cr, W, etc. can also be contained if needed.

As for the content of said magnet powder in the magnet body 11, it is preferred that it is 94 - 99wt%, and it is more preferred that it is 95 - 99.0wt%. Sufficient magnetic properties may not be acquired by the use of the permanent magnet 1, etc. as the content of magnet powder is less than said lower limit. On the other hand, if the content of magnet powder exceeds said upper limit, while the moldability of the magnet body 11 will fall, the tendency

for the void content in the magnet body 11 to become high rapidly is shown, and even if it forms the plating film 12 and the sealing part 13 which are mentioned later, it may become difficult to fully demonstrate the effect of this invention.

[0081]

Thermoplastics, thermosetting resin, etc. are mentioned as bonding resin (binder).

[0082]

As thermoplastics, for example Polyamide (example: nylon 6, Nylon 46, Nylon 66, Nylon 610, Nylon 612, Nylon 11, Nylon 12, nylon 6-12, nylon 6-66, 9T nylon), Liquid crystal polymers, such as thermoplastic polyimide and aromatic polyester, polyphenylene oxide, Polyolefines, such as a polyphenylene sulfide, polyethylene, polypropylene, and an ethylene-vinylacetate copolymer, Denaturation polyolefine, polycarbonate, polymethylmethacrylate, Polyester, such as polyethylene terephthalate and polybutylene terephthalate, A copolymer, a blended body, a polymer alloy, etc. which are mainly concerned with these are mentioned, and polyether, a polyether ether ketone, polyether imide, polyacetal, a polyacrylic, etc. can mix and use 1 of sorts of these, and two sorts or more.

[0083]

Such thermoplastics has the advantage that selection wide range like what thought the moldability as important, for example, and the thing which thought heat resistance and a mechanical strength as important is attained by the kind, copolymerization-ization, etc.

[0084]

On the other hand as thermosetting resin, for example A bisphenol type, a novolac type, Various epoxy resins, such as a naphthalene system, phenol resin, a urea resin, melamine resin, polyester (unsaturated polyester) resin, polyimide resin, silicone resin, polyurethane resin, etc. are mentioned, and 1 of sorts of these and two sorts or more can be mixed and used.

[0085]

The thing of a solid [ thing / liquefied ] (powdered) may be sufficient as the thermosetting resin (unhardened) used at a room temperature.

[0086]

A small amount of add-in material, such as an unguent and antioxidant material, may be added in the component of the magnet body 11.

[0087]

The forming process in particular of a bond magnet is not limited press forming, injection molding, extrusion molding, etc.

[0088]

In the case of press forming, it is preferred to carry out heat cure for example, at compacting pressure:  $2-16\text{-t [cm]}^2$  and calcination temperature:  $100-200^\circ\text{C}$ .

[0089]

In the case of injection molding, it is preferred to fabricate by molding temperature:  $200-280^\circ\text{C}$



\*\* and die close pressure:  $0.1-3-t \text{ [}/\text{cm}]^2$  for example.

[0090]

In the case of extrusion molding, it is preferred to fabricate in molding temperature: 150-250

\*\* and molding temperature: 2-10mm/sec for example.

[0091]

Thus, secondary elaboration of the magnet body 11 fabricated by various molding methods is carried out to desired size and shape if needed.

[0092]

Although the magnetic properties in particular of the magnet body 11 are not limited, the thing more than  $32 \text{ kJ/m}^3$  has preferred magnetic energy product  $(BH)_{\text{max}}$ , and they are more preferred, and are still more preferred. [ of the thing more than  $64 \text{ kJ/m}^3$  ] [ of the thing more than  $48 \text{ kJ/m}^3$  ]

[0093]

As for the void content of the magnet body 11, it is preferred that it is less than 7.0vol%, and it is more preferred that it is less than 5.0vol%. If a void content exceeds said upper limit, even if it forms the plating film 12 and the sealing part 13 which are mentioned later, the effect of this invention may not fully be demonstrated.

[0094]

The magnet body 11 may cut off the corners on the square (at least angle by the side of the periphery of a tip part) of the end. Thereby, the permanent magnet 1 does not produce defects, such as KAKE, further easily. When using the permanent magnet 1 of this invention for a motor and press fit, for example, performs junction to the permanent magnet 1 and a yoke (support member), it becomes possible to perform the operation easily. When operating press fit, a crack can be more effectively prevented from being attached to the surface of the permanent magnet 1. As a result, the corrosion of the permanent magnet 1 and the fall of a mechanical strength are prevented, and the long-term stability of a motor improves as a result.

[0095]

The permanent magnet 1 of this invention has the plating film 12 formed in the surface of the magnet body 11 by the plating method.

[0096]

The plating film 12 mainly comprises a metallic material.

As a material which constitutes the plating film 12, Cu, aluminum, Pd, Au, Ag, Pb, Sn, nickel, Fe, Co, In, V, Cr, Zn, Ti, Mn, Pt, Rh, etc. are mentioned, and the inorganic material which contains one sort or two sorts or more among these can be used, for example. As a metallic material which constitutes the plating film 12 also in this, that which is mainly concerned with nickel is preferred. Thereby, the corrosion resistance of the permanent magnet 1 and especially a mechanical strength become the outstanding thing. When it uses for a motor which mentions the permanent magnet 1 later, especially the adhesion

(bonding strength) of a permanent magnet and a yoke (support member) becomes the outstanding thing.

[0097]

Although the average thickness of the plating film 12 changes with presentations, formation methods, etc. of the plating film 12, it is preferred that it is 5-45 micrometers, and it is more preferred that it is 10-45 micrometers. The hole 14 which exists that the average thickness of the plating film 12 is less than said lower limit near the surface of the plating film 12 increases, and even if it forms the sealing part 13 mentioned later, the effect of this invention may not fully be acquired by the formation conditions of the sealing part 13, etc. On the other hand, when the average thickness of the plating film 12 exceeds said upper limit, dispersion in the thickness in each part becomes large, and the tendency for the dimensional accuracy of the permanent magnet 1 to fall is shown.

[0098]

As for the plating film 12, it is preferred that dispersion in the thickness in each part is small. Thereby, the permanent magnet 1 has the stable corrosion resistance and mechanical strength. When it uses for a motor which mentions the permanent magnet 1 later, according to dispersion in the thickness of the plating film 12 being small, the dimensional accuracy as the permanent magnet 1 whole can improve, and a dimensional tolerance can be made small. As a result, the motor provided with such a permanent magnet 1 generates neither the vibration by axial blur, nor noise (allophone) easily. For example, in the magnet body 11 which has the shape of a cylindrical shape, When thickness of the plating film 12 formed in the Do [μm] and inner circumference side of the magnet body 11 in the thickness of the plating film 12 formed in the periphery side is set to Do [μm], it is preferred to satisfy the relation of  $0.2 < Di/Do < 1.0$  and it is more preferred to satisfy the relation of  $0.5 < Di/Do < 1.0$ .

[0099]

When using the permanent magnet 1 for a motor which is mentioned later, it is preferred to satisfy the following conditions especially.

[0100]

[1] As for the plating film 12, it is preferred that Vickers hardness Hv is 150 or more, and it is more preferred that it is 200 or more. It becomes that in which especially the mechanical strength of the permanent magnet 1 was excellent in Vickers hardness Hv of the plating film 12 being 150 or more. In [ when it uses for a motor which mentions the permanent magnet 1 of this invention later, for example as Vickers hardness Hv of the plating film 12 is 150 or more and press fit performs junction to the permanent magnet 1 and a support member (yoke) ] the process, A crack can be more effectively prevented from being attached to the surface of the permanent magnet 1. As a result, the corrosion of the permanent magnet 1 and the fall of a mechanical strength are prevented more effectively, and the long-term stability of the motor using the permanent magnet 1 of this invention as a result improves.

[0101]

[2] As for the plating film 12, it is preferred that it is what has moderate lubricity. When the

permanent magnet 1 is used for a motor and press fit performs junction to the permanent magnet 1 and a yoke by this, for example, the operation can be performed easily. A crack can be more effectively prevented from being attached to the surface of the permanent magnet 1 at the time of press fit. As a result, the corrosion of the permanent magnet 1 and the fall of a mechanical strength are prevented, and the long-term stability of the motor using the permanent magnet 1 of this invention as a result improves. As an index which shows lubricity, the coefficient of friction  $\mu$  in the ball one disc method measured according to JIS R 1613, etc. are mentioned, for example. As for the coefficient of friction  $\mu$  of the plating film 12 measured by a ball one disc method, it is preferred that it is 0.1 to about 0.7, and it is more preferred that it is 0.2 to about 0.6. When the permanent magnet 1 is used for a motor, for example as the coefficient of friction  $\mu$  of the plating film 12 is less than said lower limit, the adhesion (bonding strength) of the permanent magnet 1 and a yoke may fall. On the other hand, if the coefficient of friction  $\mu$  of the plating film 12 exceeds said upper limit, when the permanent magnet 1 is used for a motor, it will become difficult by press fit to carry out support fixing of the permanent magnet 1 to a support member (yoke), for example.

[0102]

In the permanent magnet 1, the coefficient of thermal expansion (coefficient of linear expansion) near the room temperature of the magnet body 11 [3]  $\alpha_1$  [ $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ], When the coefficient of thermal expansion (coefficient of linear expansion) near the room temperature of the component of the plating film 12 is made into  $\alpha_2$  [ $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ],  $|\alpha_2 - \alpha_1|$ , It is preferred that it is below 15 [ $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ], and it is more preferred that it is below 10 [ $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ]. | If  $\alpha_2 - \alpha_1$  is below 15 [ $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ], For example, when it uses for a motor which mentions the permanent magnet 1 later, even if it is when the variation of the temperature of the permanent magnet 1 in the time of manufacture of a rotor and a motor and use, etc. is comparatively large, the plating film 12 can be more effectively prevented from exfoliating from the magnet body 11. As a result, the corrosion of the permanent magnet 1, the fall of a mechanical strength, and increase of the imbalance amount (the amount of rotational unbalance) of the center of gravity of a rotor are prevented, and the long-term stability of a motor improves as a result.

[0103]

The plating film 12 is formed by the plating method, as mentioned above. As a plating method, the dry type plating methods, such as chemical vapor deposition (CVD), such as the wet plating methods, such as electrolysis plating, immersion plating, and nonelectrolytic plating, vacuum deposition, sputtering, the heat CVD, plasma CVD, and laser CVD, and ion plating, etc. are mentioned, for example. Also in this, electrolysis plating is preferred as a method of plating for forming the plating film 12. By using electrolysis plating, with a comparatively simple device, it excels in adhesion (bonding strength) with the magnet body

11, and the homogeneous plating film 12 can be formed easily.

[0104]

In electrolysis plating, the presentation of the plating film (metal plating layer) 12 formed can be easily adjusted by adjusting the presentation of plating liquid, etc. As a result, for example, the physical properties (for example, a mechanical strength, hardness, a coefficient of friction, a coefficient of thermal expansion, corrosion resistance, etc.) of the plating film 12, the compatibility over the magnet body 11 of the plating film 12, etc. can be adjusted easily.

[0105]

In electrolysis plating, the thickness of the plating film 12, density, etc. can be easily adjusted by adjusting plating conditions, such as current density. As a result, the physical properties (for example, a mechanical strength, hardness, a coefficient of friction, corrosion resistance, etc.) of the plating film 12 can be adjusted easily.

[0106]

As for electrolysis plating, it is preferred to carry out on the following conditions for example.

Although the bath temperature in particular at the time of electrolysis plating is not limited, it is preferred that it is 20-70 \*\*, and it is more preferred that it is 40-65 \*\*. It is it easy to generate the fall of plating speed, gloss nonuniformity, and abnormal precipitation that bath temperature is less than said lower limit. On the other hand, if bath temperature exceeds said upper limit, it will be easy to generate abnormal precipitation and decomposition of a brightening agent.

[0107]

Although the current density in particular at the time of electrolysis plating is not limited, it is preferred that it is 0.1 - 8.0 A/dm<sup>2</sup>, and it is more preferred that it is 0.5 - 6.0 A/dm<sup>2</sup>. It excels that current density is a value of said within the limits in adhesion with the magnet body 11, and the homogeneous and precise plating film 12 can be formed efficiently.

[0108]

In advance of formation of the plating film 12, it may pretreat to the surface of the magnet body 11. As pretreatment, cleaning processings, such as blast processing, alkali cleaning (alkaline-degreasing processing), acid cleaning, rinsing (pure water washing is included), organic solvent cleaning, ultrasonic cleaning, and bombardment processing, etching, etc. are mentioned, for example. By performing such pretreatment, the adhesion of the magnet body 11 and the plating film 12 improves, and the reliability of the permanent magnet 1 improves as a result, for example.

[0109]

The presentation in each part of the plating film 12 may be constant, or may not be constant. For example, the presentation of the plating film 12 may change one by one along the thickness direction (inclination material).

[0110]

The plating film 12 may be a layered product of several layers from which a formation method, formation conditions, and a presentation differ, for example. By forming the plating film 12 as such a layered product, the adhesion of the magnet body 11 and the plating film 12 can be raised, and the corrosion resistance of the permanent magnet 1 and a mechanical strength can be made into the further outstanding thing as a result.

[0111]

Thus, the formed plating film 12 usually has the minute hole 14. The permanent magnet 1 of this invention is obtained by performing sealing to such a hole 14 (hole 14 which exists near the surface of the plating film 12 at least).

[0112]

Thus, this invention has the feature at the point of performing sealing to the hole 14 which exists near the surface of the plating film 12.

[0113]

By the way, the trial which forms a plating film to a magnet body (especially bond magnet) has been performed from the former in order to raise the corrosion resistance of a permanent magnet. However, it was difficult to fully raise corrosion resistance only by forming a plating film on the surface of a magnet body. It was difficult to fully raise corrosion resistance about the case where performed sealing to the magnet body or a plating film is formed in the magnet body which performed sealing as well as the above.

[0114]

On the other hand, in this invention, the permanent magnet which has sufficient corrosion resistance can be obtained by performing sealing to the plating film provided on the surface of the magnet body.

[0115]

This is considered to be what is depended on the following reasons.

That is, the magnet body has a general comparatively high void content. Therefore, it is difficult to intercept a magnet body effectively enough from the external world in the permanent magnet which forms a plating film to a magnet body, even if the thickness of a plating film is comparatively thick. Even if a plating film is a case where the film formation condition is controlled, it is very difficult to make the void content in a plating film below into a predetermined value. Therefore, it is difficult for a staining substance etc. to stagnate in the inside of the hole which exists near the surface of a plating film easily in the permanent magnet which forms a plating film to a magnet body, and to raise corrosion resistance. In such a permanent magnet, even if it is when the thickness of a plating film is comparatively thick, it is easy to produce the depression of a plating film, and easy to produce the adhesion reduction of a magnet body and a plating film. Therefore, in such a permanent magnet, it is inferior to long-term stability.

The same may be said of the case where sealing is performed to a magnet body. When performing such sealing to the magnet body which has a comparatively high void content especially, even if it compares with a plating film which was mentioned above, the effect of

corrosion-resistant improvement will become low. After performing sealing to a magnet body, even if it forms a plating film, sufficient effect is not acquired further. This is considered to be what depends the void content in a plating film on it being difficult to use below a predetermined value as mentioned above.

On the other hand, in this invention, since sealing is performed to the plating film 12 formed in the surface of the magnet body 11, the magnet body 11 can be more effectively intercepted from the external world. As a result, the magnet body 11 becomes what does not produce corrosion etc. easily, and its long-term stability as the permanent magnet 1 whole improves.

[0116]

It becomes what was excellent also in the mechanical strength of the permanent magnet 1 by performing such sealing.

[0117]

Since at least a part of hole 14 which exists near the surface of the plating film 12 by performing sealing to the plating film 12 is extinguished, a staining substance becomes difficult to adhere to the surface of the permanent magnet 1 (since sealing is carried out) (become difficult to stagnate), and the stability of the plating film 12 also improves.

[0118]

Although sealing is based on what kind of method, it is preferred that it is what is performed by being filled up with sealing material and forming the sealing part 13 in the hole 14. By using sealing material, the effect of sealing mentioned above can be demonstrated more certainly.

[0119]

Although the sealing material in particular with which it is filled up in the hole 14 is not limited, a polymer material and/or its catalyst precursors (the monomer of the polymer concerned, a dimer, a trimer, oligomer, a prepolymer, etc.) can mainly be conveniently used for it, for example. By using such a material as a sealing material, the sealing part 13 formed becomes the thing excellent in stability, and can demonstrate the effect by sealing certainly over a long period of time more.

[0120]

As for the sealing material with which it filled up in the hole 14, it is preferred that it is what is hardened at the temperature of 100 °C or less. The sealing part 13 can be formed fully preventing the fall of magnetic properties by this, even if the magnet body 11 is comparatively inferior to heat resistance.

[0121]

As for the sealing part 13 formed by being filled up with sealing material, it is preferred to mainly comprise a polymer material. Thereby, the sealing part 13 formed becomes the thing excellent in stability, and it becomes possible to demonstrate the effect by sealing certainly over a long period of time more.

[0122]

As a polymer material which constitutes the sealing part 13, these complexes besides an inorganic polymer material and the charge of an organic high polymer material are mentioned, for example.

[0123]

If the sealing part 13 mainly comprises an inorganic polymer material, even if the heat resistance of the sealing part 13 improves, for example, the permanent magnet 1 is used in high temperature service Shimo etc., the characteristic stable over the long period of time can be obtained.

[0124]

As an inorganic polymer material, a silicic acid system polymer material, silicic acid phosphoric acid compound polymer (for example, a  $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-Na}_2\text{O-Li}_2\text{O}$  system compound polymer etc.), etc. are mentioned, for example.

[0125]

When the sealing part 13 mainly comprises a charge of an organic high polymer material, comparatively, for example by hot water immersion of the degree of low temperature (for example, 100 °C or less 70 °C level). Simultaneously with the process which stiffens the charge of an organic high polymer material concerned, the surface of a plating film can be washed (the excessive charge of an organic high polymer material is removed).

[0126]

As a charge of an organic high polymer material, for example Polyparaxylylene resin, acrylic resin, Various resin materials, such as silicone series resin, polyester system resin, and epoxy system resin, Precursors (for example, methacrylate ester monomer etc.), such as these monomers, a dimer, oligomer, and a prepolymer, etc. are mentioned, and it can use combining one sort chosen from these, or two sorts or more.

[0127]

Also in this, since water repellence and lubricity are excellent, especially polyparaxylylene resin can prevent a staining substance etc. from adhering to the surface of the permanent magnet 1 effectively. As a result, especially the corrosion resistance of the permanent magnet 1 becomes the outstanding thing.

[0128]

When it uses combining one sort chosen from acrylic resin, silicone series resin, polyester system resin, and epoxy system resin, or two sorts or more, a sealing effect and sealing efficiency can be raised further.

[0129]

Such sealing can be performed by impregnating sealing, the dry type plating method, etc., for example.

[0130]

When impregnating sealing performs sealing, it becomes possible especially also to a detailed hole (for example, the aperture, what is called a MEKURA hole of 10 micrometers or less) to perform sealing more certainly.

[0131]

When performing sealing by the dry type plating method, a pinhole aperture becomes the thing excellent in especially the sealing efficiency to a not less than 8-micrometer hole.

[0132]

Although the viscosity in particular of the sealing material at the time of sealing is not limited, it is preferred that it is 50 cps or less, and it is more preferred that it is 20 cps or less. If the viscosity of sealing material exceeds 50 cps, sealing material will become difficult to invade in the hole 14 of the plating film 12, and the effect of this invention will not fully be acquired by the wettability of the surface of the plating film 12, etc.

[0133]

Such sealing may be performed under atmospheric pressure and may be performed under a decompressed atmosphere and application-of-pressure atmosphere.

When sealing is performed under a decompressed atmosphere, the air etc. which exist in the hole 14 can be eliminated effectively. For this reason, it becomes possible to be efficiently filled up with sealing material in the hole 14, and the permanent magnet 1 becomes what has an especially low void content in near the surface. As a result, the corrosion resistance of the permanent magnet 1 and a mechanical strength become the further outstanding thing.

[0134]

When sealing is performed under application-of-pressure atmosphere, the external pressure will be compulsorily filled up with sealing material in the hole 14. As a result, the permanent magnet 1 becomes what has an especially low void content in near the surface, and corrosion resistance and its mechanical strength improve further.

[0135]

Ambient pressure power may be temporally changed at the time of sealing. For example, after putting in in a chamber the magnet body 11 in which the plating film 12 was formed, the inside of a chamber is decompressed, and after making said magnet body 11 further immersed into the sealing material which has mobility, the inside of a chamber may be raised to the pressure more than atmospheric pressure. Thereby, the effect of sealing can be heightened further.

[0136]

Be [ what is necessary / just although sealing which was mentioned above seals at least a part of hole 14 which exists near the surface of the plating film 12 ], it is preferred that it is what seals most holes 14 which exist near the surface of the plating film 12. Thereby, especially the effect by sealing mentioned above becomes the outstanding thing. The layer which comprised the same material as the sealing part 13, for example may be formed in the surface of the plating film 12.

[0137]

Sealing is not limited to the method filled up with sealing material in the hole 14 as mentioned above. For example, it may be a method which forms a passive state in the hole



14 by processing the magnet body 11 in which the plating film 12 was formed with hot water etc. (for example, dipping treatment).

[0138]

As mentioned above, the permanent magnet of this invention on the plating film formed on the surface of the magnet body. As long as sealing is performed, it may be what kind of thing, for example, after performing sealing to a magnet body, a plating film which was mentioned above may be formed and sealing may be performed to the plating film concerned.

[0139]

Although the use in particular of the permanent magnet 1 of this invention is not limited, it is preferred that it is what is carried in a motor and used, for example. Thereby, the effect of this invention can be demonstrated more notably.

[0140]

The permanent magnet of this invention has the outstanding mechanical strength, as mentioned above. For this reason, the permanent magnet of this invention is suitably applicable to that to which comparatively big external force is added, and the thing used where external force is applied continuously especially. Therefore, the permanent magnet of this invention is suitably [ for a motor which is mentioned later, i.e., the motor by which the permanent magnet was fixed to the support member (yoke) by heat caulking or press fit ] applicable, for example.

[0141]

Next, the manufacturing method of the permanent magnet of a 2nd embodiment of this invention and a permanent magnet is explained. The manufacturing method of the permanent magnet of this embodiment and a permanent magnet is hereafter explained focusing on the difference from the embodiment mentioned above, and the explanation is omitted about the same matter.

[0142]

Drawing 3 is a section perspective view showing a 2nd embodiment of the permanent magnet of this invention.

As shown in drawing 3, the plating film 12 is constituted from the permanent magnet 1 of this embodiment by the layered product of the dry type plating layer 121 and the wet plating layer 122. Thus, the plating film 12 may be a layered product of several layers from which a formation method, formation conditions, and a presentation differ, for example. By forming the plating film 12 as such a layered product, the adhesion of the magnet body 11 and the plating film 12 can be raised, and the corrosion resistance of the permanent magnet 1 and a mechanical strength can be made into the further outstanding thing as a result.

The dry type plating layer 121 is formed by the dry type plating method.

[0143]

By forming the dry type plating layer 121 in the surface of the magnet body 11, when forming the wet plating layer 122 mentioned later by the wet plating method, conductive

dispersion in the surface of the magnet body 11 can be made small enough. The wet plating layer 122 can be formed uniformly and precisely, this preventing generating of the defect of a pinhole etc. effectively. As a result, the permanent magnet 1 becomes what exfoliation of the plating film 12 hardly produces, has the especially outstanding stain resistance, and has a mechanical strength.

[0144]

The following effects are acquired by forming the dry type plating layer 121.

That is, when the shape of a magnet body is what has complicated shape like the shape of a cylindrical shape and a plating film is directly formed by the wet plating method on the surface of a magnet body, dispersion in the thickness of the plating film in each part becomes large easily. For example, when a magnet body has the shape of a cylindrical shape, the inner circumference side of a magnet body serves as a shade-and-shadow part, and current density becomes low easily compared with the periphery side. As a result, compared with the thickness of the plating film by the side of a periphery, the thickness of the plating film by the side of inner circumference became small easily. On the other hand, at this embodiment, before performing wet plating, dispersion in surface current density can be especially made small by the periphery [ in the case of wet plating ], and inner circumference side by forming the dry type plating layer 121 in the surface of the magnet body 11. The wet (dispersion in thickness is very small at periphery and inner circumference side) plating layer 122 of thereby more uniform thickness can be formed. As a result, it becomes what also has very small dispersion of the thickness as the plating film 12 whole. Thereby, the membraneous quality of the plating film 12 in each part is stabilized, and the corrosion resistance as the permanent magnet 1 whole improves further.

[0145]

As for the dry type plating layer 121, it is preferred that electrical conductivity comprises conductive material more than  $2 \text{ [m-}\Omega^{-1} \text{ and mm}^{-2}\text{]}$ . Thereby, sufficient conductivity for the surface of the magnet body 11 can be given.

[0146]

What contains one sort chosen from Cu, aluminum, Pd, Au, Ag, Pb, Sn, nickel, Fe, Co, In, V, Cr, Be, Zn, Ti, and Mn or two sorts or more especially as a component of the dry type plating layer 121 also in the material which has the above conductivity is preferred.

[0147]

Specifically, electrical conductivity is mentioned for a Magnesium alloy, an aluminum containing alloy, a titanium alloy, bronze, brass, Monel, nickel silver, stainless steel, etc. as a substance more than  $2 \text{ [m-}\Omega^{-1} \text{ and mm}^{-2}\text{]}$ .

[0148]

As mentioned above, the dry type plating layer 121 is formed by the dry type plating method. As a dry type plating method, although chemical vapor deposition (CVD), such as vacuum deposition, sputtering, the heat CVD, plasma CVD, and laser CVD, ion plating, etc.

are mentioned for example, the ion plating method is preferred also especially in this. As a dry type plating method, by using the ion plating method, it is more precise and the dry type plating layer 121 excellent in especially adhesion with the magnet body 11 can be formed by uniform thickness.

[0149]

An example of the ion plating system used when forming the dry type plating layer 121 by the ion plating method is shown in drawing 4. The ion plating system shown in drawing 4 is based on a high-frequency excitation method.

[0150]

This ion plating system 2 is provided with the following.

The vacuum housing 21 which constitutes an ion plating tub.

Vacuum pump 22.

Gas introduction needle valve 23.

The resistance heating part 24, the DC source 25, the high frequency generating coil 26, and the loading base 27.

[0151]

The vacuum pump 22 exhausts the inside of the vacuum housing 21 to a predetermined degree of vacuum.

In the case of ion plating, vacuum housing 21 inside is usually decompressed to the degree of vacuum of about 100-1000 Pa.

[0152]

Ionization introduction gas is introduced from the gas introduction needle valve 23.

As ionization introduction gas, gas, such as Ar, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, helium, O<sub>2</sub>, and Ne, is mentioned.

These gases may be used independently, and two or more sorts may be mixed and they may be used.

[0153]

The ion-plating substance which is the evaporation source 28 is arranged at the resistance heating part 24, and melting is carried out by resistance heating. Cooking temperature is set up according to the presentation of the evaporation source 28, etc. As for cooking temperature, when the melting point of the evaporation source 28 is set to Tm [°C], it is usually preferred that it is Tm-(Tm+100) °C.

[0154]

The loading base 27 counters with the resistance heating part 24, and is allotted, and the magnet body 11 which is a member to be plated is arranged on this loading base 27.

[0155]

The high frequency generating coil 26 is allotted between the resistance heating part 24 and the loading base 27. A frequency band with a frequency of 10 MHz or less is usually used for high-frequency excitation.

[0156]

And between a cathode part (loading base 27) and a counter electrode, 0.1-10 kV of DC direct current voltage is impressed with the DC source 25. The material which evaporated from the evaporation source 28 is ionized by high-frequency excitation, and is deposited on the surface of the magnet body 11 which is a member on the loading base 27 to be plated.

[0157]

The dry type plating layer 121 is formed in the surface of the magnet body 11 as mentioned above. When performing the above dry type plating, the magnet body 11 which is a member to be plated may be rotated, for example. Thereby, dispersion in the thickness of the dry type plating layer 121 formed can be made still smaller.

[0158]

As for the average thickness of the dry type plating layer 121, it is preferred that it is 0.1-2.5 micrometers, and it is more preferred that it is 0.2-2.0 micrometers. The effect by the dry type plating layer 121 being formed in island shape of the void content of the magnet body 11, etc. as the average thickness of the dry type plating layer 121 is less than said lower limit, and forming the dry type plating layer 121 may not fully be demonstrated. On the other hand, if the average thickness of the dry type plating layer 121 exceeds said upper limit, the adhesion of the magnet body 11 and the dry type plating layer 121 will fall, or it will become easy to generate a pinhole. If the average thickness of the dry type plating layer 121 exceeds said upper limit, it will become easy to reveal technical problems, such as a high cost of permanent magnet manufacture.

[0159]

When average thickness of the wet plating layer 122 which makes  $D_A$  [μm] average thickness of the dry type plating layer 121, and mentions it later is made into  $D_B$  [μm], It is preferred to satisfy the relation of  $0.002 < D_A/D_B < 1.667$  and it is more preferred to satisfy the relation of  $0.004 < D_A/D_B < 1.333$ . By satisfying such a relation, generating of the pinhole in near the surface of a plating film can be controlled more effectively. As a result, especially the permanent magnet obtained eventually becomes the thing excellent in corrosion resistance etc.

[0160]

In advance of formation of the dry type plating layer 121, it may pretreat to the surface of the magnet body 11. As pretreatment, cleaning processings, such as blast processing, alkali cleaning (alkaline-degreasing processing), acid cleaning, rinsing (pure water washing is included), organic solvent cleaning, ultrasonic cleaning, and bombardment processing, etching, etc. are mentioned, for example. By performing such pretreatment, adhesion of the magnet body 11 and the dry type plating layer 121 can be made into the further outstanding thing, for example.

[0161]

And in the permanent magnet 1 of this embodiment, it has the wet plating layer 122 on the dry type plating layer 121. The wet plating layer 122 is formed by the wet plating method.

[0162]

As mentioned above, in this embodiment, the dry type plating layer 121 is formed in the surface of the magnet body 11 in advance of formation of the wet plating layer 122. Thereby, conductive dispersion in each part which forms the wet plating layer 122 can be made small enough. As a result, the wet plating layer 122 formed at this process has enough the uniform membraneous qualities (for example, thickness, density, etc.) in each part, and will become precise. Therefore, especially the permanent magnet 1 obtained has the outstanding corrosion resistance and mechanical strength.

[0163]

The wet plating layer 122 mainly comprises a metallic material. By forming such a wet plating layer 122, especially the mechanical strength of the permanent magnet 1 becomes the outstanding thing. For this reason, it is suitably [ for the use to which comparatively big external force is added ] applicable to the permanent magnet 1. For example, when using for a motor which mentions the permanent magnet 1 of this embodiment later, it becomes possible by heat caulking or press fit to carry out support fixing to a support member (yoke). This becomes possible to carry out support fixing of the permanent magnet 1 by sufficient adhesion (bonding strength) for a yoke.

[0164]

As a metallic material which constitutes the wet plating layer 122, alloys etc. which contain at least one sort among these, such as nickel, Cu, Cr, Fe, Zn, Cd, Sn, Pb, aluminum, Au, Ag, Pd, Pt, and Rh, are mentioned, for example. It is preferred that it is that which is mainly concerned with nickel as a metallic material which constitutes the wet plating layer 122 also in this. Thereby, the corrosion resistance of the permanent magnet 1 and especially a mechanical strength become the outstanding thing. Especially when it uses for manufacture of the motor which mentions the permanent magnet 1 later, it becomes the thing excellent in the adhesion (bonding strength) of the permanent magnet 1 and a support member (yoke).

[0165]

Although the average thickness in particular of the wet plating layer 122 is not limited, it is preferred that it is 1.5-45 micrometers, and it is more preferred that it is 12-40 micrometers. The above-mentioned effect (especially improvement in a mechanical strength) becomes that the average thickness of the wet plating layer 122 is a value of said within the limits with a more remarkable thing.

[0166]

As for the wet plating layer 122, when using for a motor which mentions the permanent magnet 1 of this embodiment later, it is preferred to satisfy the conditions of [1] - [3] explained by said 1st embodiment.

[0167]

Such a wet plating layer 122 is formed by the wet plating methods, such as electrolysis plating, immersion plating, and nonelectrolytic plating. Also in this, electrolysis plating and

nonelectrolytic plating are more preferred.

[0168]

By using the wet plating method as a formation method of the wet plating layer 122, with a comparatively simple device, it excels in adhesion (bonding strength) with the dry type plating layer 121, and the homogeneous wet plating layer 122 can be formed easily. Such an effect will become remarkable by the case where electrolysis plating and nonelectrolytic plating are used.

[0169]

In electrolysis plating and nonelectrolytic plating, the presentation of the wet plating layer 122 formed can be easily adjusted by adjusting the presentation of plating liquid. As a result, for example, the physical properties (for example, a mechanical strength, hardness, a coefficient of friction, a coefficient of thermal expansion, corrosion resistance, etc.) of the wet plating layer 122, the compatibility over the dry type plating layer 121 of the wet plating layer 122, etc. can be adjusted easily.

[0170]

In electrolysis plating, the thickness of the wet plating layer 122, density, etc. can be easily adjusted by adjusting plating conditions, such as current density. As a result, the physical properties (for example, a mechanical strength, hardness, a coefficient of friction, corrosion resistance, etc.) of the wet plating layer 122 can be adjusted easily.

[0171]

As for electrolysis plating, it is preferred to carry out on the following conditions for example.

Although the bath temperature in particular at the time of electrolysis plating is not limited, it is preferred that it is 20-70 \*\*, and it is more preferred that it is 40-65 \*\*. It is it easy to generate the fall of plating speed, gloss nonuniformity, and abnormal precipitation that bath temperature is less than said lower limit. On the other hand, if bath temperature exceeds said upper limit, it will be easy to generate abnormal precipitation and decomposition of a brightening agent.

[0172]

Although the current density in particular at the time of electrolysis plating is not limited, it is preferred that it is 0.1 - 8.0 A/dm<sup>2</sup>, and it is more preferred that it is 0.5 - 6.0 A/dm<sup>2</sup>. It excels that current density is a value of said within the limits in adhesion with the dry type plating layer 121, and the homogeneous and precise wet plating layer 122 can be formed efficiently.

[0173]

In nonelectrolytic plating, the thickness of the wet plating layer 122 formed and density can be easily adjusted by adjusting the degree of solution temperature, plating time, etc. As a result, for example, the corrosion-resistant physical properties of the wet plating layer 122, the compatibility over the dry type plating layer 121, etc. can be adjusted easily.

[0174]

In nonelectrolytic plating, the wet plating layer 122 whose dispersion in thickness is especially small can be formed, without performing special adjustment also to a cylindrical member like the magnet body 11 to be plated.

[0175]

As for nonelectrolytic plating, it is preferred to carry out on the following conditions for example.

Although the bath temperature in particular at the time of nonelectrolytic plating is not limited, as an example, in the case of the nonelectrolytic plating of a nickel boron system, it is preferred that it is 50-70 \*\*, and it is more preferred that it is 55-65 \*\*. It is it easy to generate the fall of plating speed, and abnormal precipitation that bath temperature is less than said lower limit. On the other hand, if bath temperature exceeds said upper limit, it will be easy to produce disassembly of bath liquid.

[0176]

In advance of formation of the wet plating layer 122, it may pretreat to the surface of the dry type plating layer 121. As pretreatment, cleaning processings, such as blast processing, alkali cleaning (alkaline-degreasing processing), acid cleaning, rinsing (pure water washing is included), organic solvent cleaning, ultrasonic cleaning, and bombardment processing, etching, etc. are mentioned, for example. By performing such pretreatment, adhesion of the dry type plating layer 121 and the wet plating layer 122 can be made into the further outstanding thing, for example.

[0177]

The presentation in each part of the wet plating layer 122 may be constant, or may not be constant. For example, the presentation of the wet plating layer 122 may change one by one along the thickness direction (inclination material).

[0178]

The wet plating layer 122 may be a layered product of several layers from which a formation method, formation conditions, and a presentation differ, for example. By forming the wet plating layer 122 as such a layered product, the corrosion resistance of the permanent magnet 1 and a mechanical strength can be made into the further outstanding thing.

[0179]

As for the wet plating layer 122, it is preferred that dispersion in the thickness in each part is small. Thereby, the permanent magnet 1 has the stable corrosion resistance and mechanical strength. When it uses for a motor which mentions the permanent magnet 1 later, according to dispersion in the thickness of the wet plating layer 122 being small, the dimensional accuracy as the permanent magnet 1 whole can improve, and a dimensional tolerance can be made small. As a result, the motor provided with such a permanent magnet 1 generates neither the vibration by axial blur, nor noise (allophone) more easily.

[0180]

Next, the suitable embodiment of the parts for motors of this invention provided with the

permanent magnet 1 mentioned above and a motor is described.

[0181]

The section side view showing an embodiment with parts for motors of this invention preferred for drawing 5 (rotor) and drawing 6 are the section side views showing the suitable embodiment of a motor which has the parts for motors shown in drawing 5. Although the composition which has the permanent magnet 1 as shown in drawing 1 and drawing 2 was explained in drawing 5 and drawing 6, it cannot be overemphasized that it may be a thing of composition as the permanent magnet 1 is shown in drawing 3. Hereafter, a "end face" and the upper part are explained for the bottom as a "tip" among drawing 5.

[0182]

First, the parts for motors (rotor) are explained.

As shown in drawing 5, the rotor (rotator) 3 comprises the hub 31, the sleeve 32 joined to the internal surface by the side of the tip of the hub 31, the yoke 33 joined to the internal surface by the side of the end face of the hub 31, and the permanent magnet 1 joined and fixed to the internal-surface side of the yoke 33 (support member).

[0183]

The sleeve 32 makes approximate circle tubed and has the slot (inside roll off) 323 in the internal-surface side.

[0184]

The sleeve 32 functions as a bearing (dynamic pressure fluid dynamic bearing), when it uses for manufacture of the motor 4 which is mentioned later. That is, the sleeve 32 has the bearings 321 and 322 which project inside in two places where longitudinal directions (sliding direction in drawing 5) differ. It is suitably [ for the motor used in a high revolution region which a bearing mentions later as it is such a dynamic pressure fluid dynamic bearing (sliding bearing) ] applicable.

[0185]

As a component of the sleeve 32, for example Copper alloys, such as copper or brass, iron alloys, such as aluminum, iron, or stainless steel, -- moreover -- or ceramics, a synthetic resin, etc. which use as the main ingredients the metallic sintered compact which makes them a powdered ingredient, aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina), a titania (TiO<sub>2</sub>), zirconia (ZrO<sub>2</sub>), etc. are mentioned.

[0186]

The yoke 33 makes approximate circle tubed, and is being joined and fixed to the internal surface by the side of the end face of the hub 31.

[0187]

Although the component in particular of the yoke 33 is not limited, it usually comprises metal or a charge of an alloy. As a material which constitutes the yoke 33, although Fe, aluminum, a free cutting steel, stainless steel, brass, a sintered alloy, the alloy that contains at least one sort among these, etc. are mentioned, it is preferred to comprise material with



which the part which contacts the permanent magnet 1 at least is mainly concerned with Fe or aluminum. Thereby, the yoke 33 becomes that which has sufficient mechanical strength and in which the bonding strength (adhesion) with the plating film 12 of the permanent magnet 1 was especially excellent.

[0188]

As for the component of the yoke 33, it is preferred that the coefficients of thermal expansion (coefficient of linear expansion) near a room temperature are  $4\text{--}30 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ , and it is more preferred that it is  $8\text{--}25 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ . In [ when heat caulking performs junction to the permanent magnet 1 and the yoke 33, for example as the coefficient of thermal expansion (coefficient of linear expansion) of the component of the yoke 33 is less than said lower limit ] the manufacturing process, If the yoke 33 is not made into relatively high temperature, it may become difficult to insert the permanent magnet 1 in the centrum of the yoke 33. On the other hand, when the coefficient of thermal expansion (coefficient of linear expansion) of the component of the yoke 33 exceeded said upper limit and the rotor 3 is put under hot environments, the adhesion of the permanent magnet 1 and the yoke 33 may fall.

[0189]

As for the yoke 33, it is preferred that the surface roughness Ra is 0.5-10.0 micrometers, and it is more preferred that it is 1.0-5.0 micrometers. When press fit performs junction to the permanent magnet 1 and the yoke 33, for example as surface roughness Ra of the yoke 33 is a value of said within the limits, the operation can be performed easily. A crack can be more effectively prevented from being attached to the surface of the permanent magnet 1 at the time of press fit. As a result, the corrosion of the permanent magnet 1 and the fall of a mechanical strength are prevented, and the long-term stability of a motor improves as a result.

[0190]

On the other hand, the adhesion (bonding strength) of the permanent magnet 1 and the yoke 33 may fall that surface roughness Ra of the yoke 33 is less than said lower limit. If surface roughness Ra of the yoke 33 exceeds said upper limit, the above-mentioned effect may not be acquired enough.

[0191]

The permanent magnet 1 is provided with the following.

The magnet body 11 which makes cylindrical shape as mentioned above.

The plating film 12 formed in the surface of the magnet body 11.

The sealing part 13 formed in the hole 14 which exists near the surface of the plating film 12.

[0192]

Multi-electrode magnetization of the magnet body 11 is carried out.

As mentioned above, the permanent magnet 1 has the plating film 12 on the surface of the magnet body 11, has the composition that the sealing part 13 was further formed in the hole 14 which exists near the surface of the plating film 12, and, thereby, has the outstanding mechanical strength and corrosion resistance. For this reason, the characteristic of the magnet body 11 can be stably demonstrated over a long period of time.

[0193]

Such a permanent magnet 1 is being fixed to the yoke 33 (support member) by heat caulking or press fit. Thereby, support fixing of the permanent magnet 1 was carried out to the yoke 33 by sufficient adhesion (bonding strength). Thus, if the permanent magnet 1 and the yoke 33 are joined by intensity high enough, Generating of the defecting joining of the permanent magnet 1 and the yoke 33 at the time of applying the rotor 3 to motors (the motor used especially in a high revolution region, the motor by which repeated use is carried out, the motor used continuously for a long period of time, etc.) is prevented more effectively. As a result, generating of the allophone in the time of the drive of a motor, etc. and generating of problems, such as a fall of the torque characteristic of a motor, are prevented more effectively. The motor 4 which has the yoke 33 becomes the thing excellent in reliability which does not produce failure, breakage, etc. easily by preventing the above defecting joinings effectively.

[0194]

By joining the permanent magnet 1 and the yoke 33 by heat caulking or press fit, even if it does not use organic adhesives which have been conventionally used for the joined part of the permanent magnet 1 and the yoke 33, sufficient bonding strength is obtained. Thus, without using organic adhesives, when the permanent magnet 1 and the yoke 33 are joined, the imbalance amount (the amount of rotational unbalance) of the center of gravity of the rotor 3 can be made small. Therefore, the motor 4 which applied the rotor 3 generates neither the vibration by axial blur, nor noise (allophone) easily, for example, even when it uses in a high revolution region.

[0195]

Measurement of the imbalance amount of the rotor 3 which was explained above can generally be regarded as periodic stress generating to the diameter direction accompanying rotation of the rotor 3. By changing electrically, this stress can be measured as an imbalance amount. As for this amount of rotational unbalance, it is preferred that it is 0.05 or less g-cm, and it is more preferred that it is 0.04 or less g-cm.

[0196]

When it applies to the motor used in a high revolution region as the amount of rotational unbalance of the rotor 3 is 0.05 or less g-cm, even if it sets, it is hard to make vibration by axial blur, and noise (allophone).

[0197]

The rotor (parts for motors) 1 which was explained above is obtained by heat caulking or

press fit by carrying out support fixing of the permanent magnet 1 to the yoke (support member) 2.

[0198]

With heat caulking, in order to carry out support fixing of the permanent magnet 1 to the yoke 33, heat caulking inserts the permanent magnet 1 in the centrum of the yoke 33 of a hot state from the permanent magnet 1, and performs it by cooling the yoke 33 after that. Heat caulking may insert the permanent magnet 1 of a cooling state in the centrum of the yoke 33 of a hot state from the permanent magnet 1, and may perform it by raising the temperature of the permanent magnet 1 after that, for example.

[0199]

When carrying out support fixing of the permanent magnet 1 to the yoke 33 by press fit, as for the relative movement speed (closing rate) of the permanent magnet 1 and the yoke 33 to shaft orientations (sliding direction in a figure), it is preferred that it is 0.2-20 cm/second, and it is more preferred that it is 0.5-10 cm/second.

[0200]

The permanent magnet 1 can be pressed fit efficiently, preventing a crack from it being attached to the surface of the permanent magnet 1 that the relative movement speed of the permanent magnet 1 and the yoke 33 is a value of said within the limits effectively. Thus, by preventing a crack from being attached to the surface of the permanent magnet 1, the corrosion of the permanent magnet 1 and the fall of a mechanical strength are prevented, and the long-term stability of a motor improves as a result.

[0201]

As for the permanent magnet 1 (magnet body 11), when press fit performs junction to the permanent magnet 1 and the yoke 33, it is preferred to cut off the corners on the square (at least angle by the side of the periphery of a tip part) of the end. Thereby, it becomes possible to operate press fit still more easily. When operating press fit, a crack can be more effectively prevented from being attached to the surface of the permanent magnet 1. As a result, the corrosion of the permanent magnet 1 and the fall of a mechanical strength are prevented, and the long-term stability of a motor improves as a result.

[0202]

Heat caulking which was mentioned above, and the permanent magnet 1 joined by press fit have an outer diameter larger than the inside diameter in the natural state (state before joining to the permanent magnet 1) of the part where the yoke 33 corresponds in a natural state (state before joining to the yoke 33). Thereby, the bonding strength of the permanent magnet 1 and the yoke 33 in the rotor 3 obtained will become large enough.

[0203]

As mentioned above, although the joining method of the permanent magnet 1 and the yoke 33 was explained, such a joining method is applicable also to junction to the yoke 33 and the hub 31, and junction to the hub 31 and the sleeve 32, for example. Thereby, when it applies the rotor 3 to the motor used in a high revolution region, even if it sets, it has

vibration by axial blur, and the especially stable characteristic which does not make noise (allophone) easily.

[0204]

Next, the motor of this invention provided with the parts for motors (rotor) mentioned above is explained.

[0205]

As shown in drawing 6, the motor (motor for hard disk drives) 4 is provided with the following.

The rotor (rotator) 3 mentioned above.

Shaft (axis) 41.

Stator (stator) 42.

Base (frame) 43.

[0206]

The shaft 41 is supporting the rotor 3, enabling free rotation.

The shaft 41 usually comprises metallic materials, such as stainless steel. As stainless steel, for example SUS304, SUS303, SUS316, SUS316L, The Fe-Cr system alloy of Fe-Cr-nickel system alloys, such as SUS316J1 and SUS316J1L, SUS405, SUS420J2, SUS430, SUS434, SUS444, SUS429, and SUS430F grade, etc. are mentioned.

[0207]

Via the predetermined interval (gap), the stator 42 is arranged so that the peripheral face of the permanent magnet 1 may be met.

This stator 42 comprises the core 421 which consists of a layered product of the silicon steel pierced by desired shape, and the coil (three-phase-circuit coil) 422 which gives winding to this core 421.

[0208]

The base 43 has the shape which has a centrum and the shaft 41 is being firmly fixed to the internal-surface side by methods, such as press fit. Support fixing of the stator 6 is carried out to the outside-surface side of the base 43.

[0209]

The thrust pad board 45 is being fixed to the tip side of the sleeve 32 with the flange 44, and this thrust pad board 45 touches the tip part of the shaft 41.

[0210]

In such a motor 4, by energizing to the coil 422 of the stator 42 via the lead which is not illustrated, the core 421 is magnetized and torque occurs on the rotor 3. In this case, the energization to the coil 422 is preferably controlled by the motor drive control means (neither is illustrated) provided with the inverter based on the detecting signal by the rotor position sensor which detects the position of the rotor 3.

[0211]

As mentioned above, since the permanent magnet 1 and the yoke 33 (support member) are

joined by heat caulking or press fit, when torque occurs on the rotor 3, by this motor 4, it is hard to generate the defecting joining of the permanent magnet 1 and the yoke 33 by it. As a result, generating of the allophone in the time of the drive of a motor, etc. and generating of problems, such as a fall of the torque characteristic of a motor, are prevented more effectively. The motor 4 which has the yoke 33 becomes the thing excellent in reliability which does not produce failure, breakage, etc. easily by preventing the above defecting joinings effectively.

[0212]

The permanent magnet 1 has the plating film 12 on the surface of the magnet body 11, and since it has the composition that the sealing part 13 was further formed in the hole 14 which exists near the surface of the plating film 12, the corrosion of the magnet body 11, a deficit, destruction, etc. are prevented more effectively. As a result, the motor 4 has the characteristic stable over the long period of time.

[0213]

In this motor 4, by joining the permanent magnet 1 and the yoke 33 by heat caulking or press fit, even if it does not use organic adhesives which have been conventionally used for the joined part of the permanent magnet 1 and the yoke 33, sufficient bonding strength is obtained. Thus, without using organic adhesives, when the permanent magnet 1 and the yoke 33 are joined, the imbalance amount (the amount of rotational unbalance) of the center of gravity of the rotor 3 can be especially made small. As a result, the motor 4 which applied the rotor 3 generates neither the vibration by axial blur, nor noise (allophone) easily, for example, even when it uses in a high revolution region.

[0214]

By the way, in the conventional manufacturing method using the above organic adhesives, excessive organic adhesives might overflow between a permanent magnet and yokes into the rotor end face. Although the surplus adhesives are designed by the motor structure permitted dimensionally in many cases, in order that the surplus adhesives of the end face may receive the acceleration of the centrifugal force by rotation of a rotor, or the hoop direction by vibration and a torque variation directly, exfoliation, a fracture, and omission usually produce the organic adhesives of such a surplus. Some such omissive adhesives might remain in the motor, and it might have the adverse effect on the motor.

[0215]

On the other hand, since sufficient bonding strength is obtained even if it does not use organic adhesives, generating of such a problem is avoidable because the permanent magnet 1 and the yoke 33 join by heat caulking or press fit. Therefore, this invention is suitably applicable also to the thing that exclusion of a very detailed foreign matter is called for, like the motor for hard disk drives, for example.

[0216]

As for the motor 4, it is preferred that maximum engine speed is what is used in a not less than 4000-rpm field, it is more preferred that it is what is used in a not less than 5000-rpm

field, and it is still more preferred that it is what is used in a not less than 7000-rpm field. Since especially the permanent magnet 1 is excellent in a mechanical strength and it has sufficient stain resistance ability especially, the effect of this invention becomes that the motor 4 is a motor which has such maximum engine speed with a more remarkable thing. Therefore, like before, when the bonding strength of a permanent magnet and its support member is small, realizing from problems, such as reliability, can use this invention also for the difficult high-rotational type motor conveniently.

[0217]

In a high-rotational type motor, in order to prevent and control vibration by axial blur, and generating of noise (allophone), reduction of the imbalance amount of the center of gravity of a rotor is called for further, but. By joining the permanent magnet 1 and the yoke 33 by heat caulking or press fit, since it is not necessary to use organic adhesives, reduction of the imbalance amount of the center of gravity of a rotor can be attained easily.

[0218]

In the composition of a graphic display, the motor 4 is a motor (motor for hard disk drives) used for a hard disk drive. Generally, while being used in a high revolution region, since magnetic recording density is very high, reduction of vibration is one of the most important technical problems, but the motor for hard disk drives. By joining the permanent magnet 1 and the yoke 33 by heat caulking or press fit, generating of such a problem is easily avoidable.

[0219]

As mentioned above, although the manufacturing method of the permanent magnet of this invention and a permanent magnet, the parts for motors, and a motor were explained based on the embodiment of a graphic display, this invention is not limited to these.

[0220]

For example, although the embodiment mentioned above explained how to form a sealing part by being filled up with sealing material in a hole as sealing, sealing is not limited to such a method. For example, it may be a method which forms a passive state in a hole by processing the magnet body in which the plating film was formed with hot water etc. (for example, dipping treatment).

[0221]

Although the sealing part was explained as what comprised a polymer material, it may be comparatively constituted from the embodiment mentioned above by the material of low molecular weight.

[0222]

Although said 2nd embodiment explained what has a dry type plating layer and one layer of wet plating layers at a time, respectively as a plating film, it may have at least one side more than two-layer among a dry type plating layer and a wet plating layer. For example, a plating film may be a thing of composition of that have a dry type plating layer and a wet plating layer more than two-layer, respectively, and these were laminated by turns.

[0223]

As long as a dry type plating layer is not limited to what was formed of ion plating which was mentioned above but is formed by the dry type plating method, it may be what kind of thing. The ion plating at the time of forming a dry type plating layer is not limited to the method which used the device of the high-frequency excitation method, but may be performed by what kind of method.

[0224]

Between the magnet body and the dry type plating layer, the foundation layer aiming at improvement in adhesion, etc. may be formed.

[0225]

As for a permanent magnet, the enveloping layer (protective film) of the surface of a wet plating layer etc. which comprised organic materials, an inorganic material, etc. in part at least may be formed, for example.

[0226]

The permanent magnet of this invention is not limited to what is applied to a motor which was mentioned above, and the parts for motors.

[0227]

The motor of this invention may not be limited to the thing of an outer rotor type which was mentioned above, for example, may be an inner rotor type, a disk type thing, etc.

[0228]

The motor of this invention may not be limited to the motor for hard disk drives, but may be what type of thing.

[0229]

Although the support member explained the composition which is a yoke by the embodiment mentioned above, a support member may not be limited to this, for example, may be a shaft (axis), a hub, a casing, etc.

[0230]

Although the embodiment mentioned above explained what has dynamic pressure fluid dynamic bearing structure, what kind of thing may bearing structure be? For example, they may be static pressure fluid dynamic bearings, such as a self lubricity bearing, an orifice bearing, a pocket bearing. Everything but the above sliding bearings may roll and may be a bearing (ball bearing), a magnetic-axis receptacle, etc., for example.

[0231]

[Example]

Next, the concrete example of this invention is described.

[0232]

Although the example shown below mentions and explains the concrete substance name, the numerical value, etc., this invention is not limited to these examples.

[0233]

(Example 1)

[Manufacture of a permanent magnet]

20 sorts of permanent magnets (sample No.1-No.20) were manufactured as follows.

[0234]

<Sample No.1>

First, Nd-Fe-Co-B system rapid quenching magnet powder (a particle size uses the precursor powder below 150#.), the screw A type epoxy resin as bonding resin, and the stearic acid as an additive were mixed, these were kneaded for 45 minutes at ordinary temperature, and the constituent for bond magnets (compound) was produced. The rate of a compounding ratio of magnet powder, a screw A type epoxy resin, and stearic acid (wt. ratio) was made into 0.2wt% 2.3wt% 97.5wt%, respectively.

[0235]

Subsequently, after carrying out weighing of this compound, being filled up in the metallic mold of a press device and carrying out compression molding by the pressure of about 12-t [ /cm ] <sup>2</sup> in ordinary temperature all over the non-magnetic field, heat cure of the epoxy resin was carried out at 180 \*\*, and the cylindrical bond magnet was obtained. Grinding treatment of that height direction was performed to this bond magnet.

[0236]

Then, the bond magnet was ground until each \*\* was set to 0.15R with barrel polishing (camfering), and this was made into the magnet body. The void content of the magnet body was 5.1vol%.

[0237]

Next, the obtained magnet body was washed.

As washing of a magnet body, pure water ultrasonic cleaning was first performed for 3 minutes. next, the ace -- clean -- alkaline degreasing using A-220 (50 g/L) was performed on the conditions for 55 \*\*x 2 minutes. Next, acid cleaning was performed for 0.5 minute at ordinary temperature (25 \*\*) using chloride 2%. Next, pure water washing was performed 1 minute x twice, and it dried for 20 minutes at 80 \*\* after that.

[0238]

The plating film was formed in the surface of the magnet body which washed as mentioned above as follows.

First, plating liquid was prepared using TOPPUNI colon NAC-A (made by the Okuno Pharmaceuticals company), a TOPPUNI colon (made by the Okuno Pharmaceuticals company), and pure water. The concentration of TOPPUNI colon NAC-A in the obtained plating liquid and a TOPPUNI colon was 80 ml/L and 200 ml/L, respectively.

Next, using the plating liquid produced by performing it above, on the conditions for temperature [ of 85 \*\* ] x 30 minutes, electroless nickel plating was performed and the plating film (nickel-P film) was formed.

[0239]

Next, the magnet bodies in which the plating film was formed were collected, and pure water washing in ordinary temperature was performed for 1 minute. Pure water washing



with warm water (80 \*\*) was performed for 1 minute. Then, the magnet body in which the plating film was formed was dried for 20 minutes at 80 \*\*.

[0240]

After performing the above washing, the sealing part was formed by performing the following sealing to the magnet body in which the plating film was formed.

[0241]

First, the bond magnet with which the plating film was formed under ordinary temperature ordinary pressure in the container containing a temperature:20 \*\* methacrylate ester monomer (viscosity: 10 cps) was immersed. The bond magnet was taken out after [ of since it is immersed ] 15 minutes, and from the inside of a container.

[0242]

Then, an excessive sealing material (methacrylate ester monomer) adhering to the surface of the bond magnet taken out from the inside of a container was removed. With the centrifugal liquid which used the centrifuge, an excessive sealing material ranked second and was performed by performing soak cleaning to the inside of pure water (20 \*\*).

[0243]

Thus, temperature after removing an excessive sealing material: The sealing part was formed into 90 \*\* pure water by being immersed for 5 minutes and stiffening the sealing material in a sealing part. Then, further, pure-water-flows backwashing by water was performed for 3 minutes, and it dried for 20 minutes at 70 \*\*.

[0244]

Multi-electrode magnetization of the bond magnet with which the plating film and the sealing part were formed as mentioned above was carried out on the eight poles, and the permanent magnet (sample No.1) of composition as shown in drawing 1 and drawing 2 was obtained.

[0245]

Thus, maximum magnetic energy product  $(BH)_{\max}$  of the obtained permanent magnet was 79.5 kJ/m<sup>3</sup>.

[0246]

<Sample No.2>

The permanent magnet (sample No.2) as well as the permanent magnet of sample No.1 was produced except having formed the plating film as a layered product which consists of two or more layers as shown below.

[0247]

Formation of the plating film was performed as follows.

First, nickel-B nonelectrolytic plating was performed to the magnet body which washed, and the nickel-B film was formed in the surface of a bond magnet. What contains 60 ml/L and the TOPPUKEMI alloy 66-1 by 60 ml/L, and contains the TOPPUKEMI alloy 66-2 for TOPPUKEMI alloy 66-M by the concentration of 60 ml/L was used for this nonelectrolytic

plating as plating liquid. The pH of this plating liquid was 6.5. Bath temperature of plating liquid and immersion time to plating liquid were carried out for 65 \*\* and 20 minutes, respectively.

[0248]

Then, the magnet bodies (about the magnet body in which such a tunic was formed, a magnet body may only be called for convenience in the following explanation.) in which the nickel-B film was formed were collected, and pure water washing in ordinary temperature was performed for 1 minute.

[0249]

Next, the magnet body in which the nickel-B film was formed was washed. As washing of a magnet body, pure water washing in ordinary temperature was performed for 2 minutes.

[0250]

Next, electrolysis gloss nickel plating was performed. What contains 300 g/L and chloridation nickel at 50 g/L, and contains [ sulfuric acid nickel / boric acid ] 4 ml/L and top REONA BR (made by the Okuno Pharmaceuticals company) for 45 g/L and top REONA Br-Mu (made by the Okuno Pharmaceuticals company) by the concentration of 0.15 ml/L was used for this electrolysis gloss nickel plating as plating liquid. The pH of this plating liquid was 4.5. Bath temperature of plating liquid and immersion time to plating liquid were carried out for 50 \*\* and 20 minutes, respectively. Current density Dk was made into 2 A/dm<sup>2</sup>.

[0251]

Next, the magnet bodies in which electrolysis gloss nickel plating was performed were collected, and pure water washing in ordinary temperature was performed for 1 minute. Pure water washing with warm water (80 \*\*) was performed for 1 minute. Then, the magnet body in which the plating film was formed was dried for 20 minutes at 70 \*\*.

[0252]

Then, the permanent magnet (sample No.2) was obtained by performing sealing and carrying out multi-electrode magnetization further like the permanent magnet of sample No.1, to the magnet body in which the plating film was formed.

[0253]

<Sample No.3>

The permanent magnet (sample No.3) as well as the permanent magnet of sample No.2 was produced except having set to 60kPa ambient pressure power at the time of the bond magnet with which the plating film was formed being immersed to sealing material.

[0254]

<Sample No.4>

The permanent magnet (sample No.4) as well as the permanent magnet of sample No.2 was produced except having changed the ambient pressure power at the time of sealing as follows.

[0255]

First, the magnet body in which the plating film was formed was put in in the chamber, and

the pressure in a chamber was decompressed to 30kPa after that. After holding the pressure in a chamber for 20 minutes to 30kPa, said magnet body was made immersed into sealing material. Then, it was neglected for 15 minutes in this state by setting the inside of a chamber to 120kPa. Then, the pressure in a chamber was returned to atmospheric pressure, and the bond magnet with which the hole of the plating film was filled up with sealing material was taken out.

[0256]

<Sample No.5>

The permanent magnet (sample No.5) as well as the permanent magnet of sample No.2 was produced except having performed sealing as follows.

[0257]

Sealing was performed as follows.

First, the bond magnet (what was washed) with which the plating film was formed under ordinary temperature ordinary pressure in the container containing a temperature:25 \*\* water-soluble epoxy resin (epoxy-resin concentration: 25wt% of an emulsion, viscosity:10cps) was immersed. The bond magnet was taken out after [ of since it is immersed ] 10 minutes, and from the inside of a container.

[0258]

Then, an excessive sealing material (epoxy resin) adhering to the surface of the bond magnet taken out from the inside of a container was removed. With the centrifugal liquid which used the centrifuge, an excessive sealing material ranked second and was performed by performing soak cleaning to the inside of pure water (20 \*\*).

[0259]

Thus, after removing an excessive sealing material, the sealing part was formed by carrying out heat cure of the sealing material within a hole in [ 85 \*\*x ] 30 minutes. Then, further, pure water washing was performed for 1 minute, and it dried for 20 minutes at 70 \*\*.

[0260]

<Sample No.6>

The permanent magnet (sample No.6) as well as the permanent magnet of sample No.2 was produced except having performed sealing as follows.

[0261]

Sealing was performed by the following CVD (chemical vacuum deposition) methods.

First, the JIPARA xylylene (di-para-xylylene: dimer corresponding to polyparaxylylene) of the raw material was made to evaporate by temperature:150-175 \*\* and pressure:100-135Pa.

[0262]

Next, temperature:600-680 \*\*, a pressure: At 50-67 Pa, it held for 60 minutes and the pyrolysis of the raw material was carried out.

[0263]

Temperature:30-35 \*\*, a pressure: Form the enveloping layer which comprised

polyparaxylylene on the surface of a magnet body by holding for 90 minutes at 10-13 Pa. Then, temperature:-70 \*\*, a pressure: It held for 90 minutes at 1.3 Pa.

[0264]

The bond magnet which made temperature in a device the room temperature and made the pressure atmospheric pressure and with which the sealing part was formed in the last was taken out from the inside of a device. The film which comprised polyparaxylylene was formed in all the surfaces of a plating film by such sealing.

[0265]

Such sealing controlled the air current in a chamber, and it performed it, rotating the magnet body which is a work.

[0266]

<Sample No.7>

The permanent magnet (sample No.6) as well as the permanent magnet of sample No.2 was produced except having performed sealing as follows.

[0267]

Sealing was performed as follows.

First, the bond magnet (what was washed) with which the plating film was formed under ordinary temperature ordinary pressure in the container containing temperature:20\*\*2 \*\* inorganic impregnating liquid (the product made by PURASERAMU, CS-3, viscosity: 5 cps) was immersed. The bond magnet was taken out after [ of since it is immersed ] 15 minutes, and from the inside of a container.

[0268]

Then, an excessive sealing material adhering to the surface of the bond magnet taken out from the inside of a container was removed. With the centrifugal liquid which used the centrifuge, an excessive sealing material ranked second and was performed by performing soak cleaning to the inside of pure water (20 \*\*).

[0269]

Thus, after removing an excessive sealing material, the sealing part was formed by carrying out heat cure of the sealing material within a hole in [ 85 \*\*x ] 30 minutes. Then, further, pure water washing was performed for 1 minute, and it dried for 20 minutes at 70 \*\*.

[0270]

<Sample No.8>

The permanent magnet (sample No.8) as shown in drawing 3 as well as the permanent magnet of sample No.1 was produced except having formed the plating film as a layered product (layered product of a dry type plating layer and a wet plating layer) which consists of two or more layers as shown below.

[0271]

Formation of the plating film was performed as follows.

First, the dry type plating layer which consists of Cu(s) by the ion plating method was

formed in the surface of the magnet body which washed.

[0272]

The ion plating system of the high-frequency excitation method as shown in drawing 4 was used for formation of a dry type plating layer.

[0273]

The pressure inside the ion plating tub at the time of the dry type plating stratification was 100-200 Pa, and introductory gas used Ar gas. DC impressed electromotive force was 3.0\*\*0.2 kV, and processing time was made into 3 to 10 minutes. Such ion plating was performed rotating the magnet body which is a member to be plated.

[0274]

Thus, the dry type plating layer which consists of Cu(s) was formed on the surface of the magnet body. The average thickness of the formed dry type plating layer was 0.1 micrometer.

[0275]

Next, the wet plating layer which mainly comprises nickel was formed in the surface of the dry type plating layer of a magnet body in which the dry type plating layer was formed by the wet plating method.

[0276]

Formation of the wet plating layer by the wet plating method was performed in the following modes.

First, degreasing washing of the magnet body surface was carried out. as degreasing washing -- the ace -- clean -- A-220 (Okuno pharmaceutical market article) was performed for 10 minutes at 50 \*\* using the penetrant remover in which it was made to dissolve by the concentration of 50 g/L. The pH of this penetrant remover was 11.4.

[0277]

Next, the magnet body in which the surface was degreased was washed. As washing of a magnet body, pure water washing in ordinary temperature was performed for 1 minute.

[0278]

The wet plating layer was formed in the magnet body which washed as mentioned above as follows.

[0279]

First, nickel-B nonelectrolytic plating was performed and the nickel-B film was formed in the surface of a dry type plating layer. What contains 60 ml/L and the TOPPUKEMI alloy 66-1 by 60 ml/L, and contains the TOPPUKEMI alloy 66-2 for TOPPUKEMI alloy 66-M by the concentration of 60 ml/L was used for this nonelectrolytic plating as plating liquid. The pH of this plating liquid was 6.5. Bath temperature of plating liquid and immersion time to plating liquid were carried out for 65 \*\* and 20 minutes, respectively.

[0280]

Then, the magnet bodies in which the nickel-B film was formed were collected, and pure water washing in ordinary temperature was performed for 1 minute.

[0281]

Next, the magnet body in which the nickel-B film was formed was washed. As washing of a magnet body, pure water washing in ordinary temperature was performed for 2 minutes.

[0282]

Next, electrolysis gloss nickel plating was performed. What contains 300 g/L and chloridation nickel at 50 g/L, and contains [ sulfuric acid nickel / boric acid ] 4 ml/L and top REONA BR (made by the Okuno Pharmaceuticals company) for 45 g/L and top REONA Br-Mu (made by the Okuno Pharmaceuticals company) by the concentration of 0.15 ml/L was used for this electrolysis gloss nickel plating as plating liquid. The pH of this plating liquid was 4.5. Bath temperature of plating liquid and immersion time to plating liquid were carried out for 50 \*\* and 20 minutes, respectively. Current density Dk was made into 2 A/dm<sup>2</sup>.

[0283]

<Sample No.9>

The permanent magnet (sample No.9) as well as the permanent magnet of sample No.8 was produced except having set to 45kPa ambient pressure power at the time of the bond magnet with which the plating film was formed being immersed to sealing material.

<Sample No.10>

The permanent magnet (sample No.10) as well as the permanent magnet of sample No.8 was produced except having changed the ambient pressure power at the time of sealing as follows.

[0284]

First, the magnet body in which the plating film was formed was put in in the chamber, and the pressure in a chamber was decompressed to 50kPa after that. After holding the pressure in a chamber for 20 minutes to 50kPa, said magnet body was made immersed into sealing material. Then, it was neglected for 10 minutes in this state by setting the inside of a chamber to 130kPa. Then, the pressure in a chamber was returned to atmospheric pressure, and the bond magnet with which the hole of the plating film was filled up with sealing material was taken out.

[0285]

<Sample No.11>

The permanent magnet (sample No.11) as well as the permanent magnet of sample No.8 was produced except having performed sealing as follows.

[0286]

Sealing was performed as follows.

First, the bond magnet (what was washed) with which the plating film was formed under ordinary temperature ordinary pressure in the container containing a temperature:20 \*\* water-soluble epoxy resin (epoxy-resin concentration: 25wt% of an emulsion, viscosity:10cps) was immersed. The bond magnet was taken out after [ of since it is immersed ] 10 minutes, and from the inside of a container.

[0287]

Then, an excessive sealing material (epoxy resin) adhering to the surface of the bond magnet taken out from the inside of a container was removed. With the centrifugal liquid which used the centrifuge, an excessive sealing material ranked second and was performed by performing soak cleaning to the inside of pure water (20 \*\*).

[0288]

Thus, after removing an excessive sealing material, the sealing part was formed by carrying out heat cure of the sealing material within a hole in [ 85 \*\*x ] 30 minutes. Then, further, pure water washing was performed for 1 minute, and it dried for 20 minutes at 70 \*\*.

[0289]

<Sample No.12>

The permanent magnet (sample No.12) as well as the permanent magnet of sample No.11 was produced except having set to 30kPa ambient pressure power at the time of the bond magnet with which the plating film was formed being immersed to sealing material.

[0290]

<Sample No.13>

The permanent magnet (sample No.13) as well as the permanent magnet of sample No.11 was produced except having changed the ambient pressure power at the time of sealing as follows.

[0291]

First, the magnet body in which the plating film was formed was put in in the chamber, and the pressure in a chamber was decompressed to 35kPa after that. After holding the pressure in a chamber for 15 minutes to 35kPa, said magnet body was made immersed into sealing material. Then, it was neglected for 10 minutes in this state by setting the inside of a chamber to 140kPa. Then, the pressure in a chamber was returned to atmospheric pressure, and the bond magnet with which the hole of the plating film was filled up with sealing material was taken out.

[0292]

<Sample No.14>

The permanent magnet (sample No.14) as well as the permanent magnet of sample No.8 was produced except having performed sealing as follows.

[0293]

Sealing was performed by the following CVD (chemical vacuum deposition) methods. First, the JIPARA xylylene (di-para-xylylene: dimer corresponding to polyparaxylylene) of the raw material was made to evaporate by temperature:150-175 \*\* and pressure:100-135Pa.

[0294]

Next, temperature:600-680 \*\*, a pressure: At 50-67 Pa, it held for 300 minutes and the pyrolysis of the raw material was carried out.

[0295]

Temperature:30-35 \*\*, a pressure: Form the enveloping layer which comprised

polyparaxylylene on the surface of a magnet body by holding for 360 minutes at 10-13 Pa. Then, temperature:-70 \*\*, a pressure: It held for 360 minutes at 1.3 Pa.

[0296]

The bond magnet which made temperature in a device the room temperature and made the pressure atmospheric pressure and with which the sealing part was formed in the last was taken out from the inside of a device. The film which comprised polyparaxylylene was formed in all the surfaces of a plating film by such sealing.

[0297]

Such sealing controlled the air current in a chamber, and it performed it, rotating the magnet body which is a work.

[0298]

<Sample No.15>

The permanent magnet (sample No.15) as well as the permanent magnet of sample No.8 was produced except having performed sealing as follows.

[0299]

Sealing was performed as follows.

First, the bond magnet (what was washed) with which the plating film was formed under ordinary temperature ordinary pressure in the container containing temperature:20 \*\* inorganic impregnating liquid (the product made by PURASERAMU, CS-3, viscosity: 8 cps) was immersed. The bond magnet was taken out after [ of since it is immersed ] 10 minutes, and from the inside of a container.

[0300]

Then, an excessive sealing material adhering to the surface of the bond magnet taken out from the inside of a container was removed. With the centrifugal liquid which used the centrifuge, an excessive sealing material ranked second and was performed by performing soak cleaning to the inside of pure water (20 \*\*).

[0301]

Thus, after removing an excessive sealing material, the sealing part was formed by carrying out heat cure of the sealing material within a hole in [ 85 \*\*x ] 30 minutes. Then, further, pure water washing was performed for 1 minute, and it dried for 20 minutes at 70 \*\*.

[0302]

<Sample No.16>

The permanent magnet (sample No.16) as well as the permanent magnet of sample No.15 was produced except having set to 45kPa ambient pressure power at the time of the bond magnet with which the plating film was formed being immersed to sealing material.

[0303]

<Sample No.17>

The permanent magnet (sample No.17) as well as the permanent magnet of sample No.15 was produced except having changed the ambient pressure power at the time of sealing as



follows.

[0304]

First, the magnet body in which the plating film was formed was put in in the chamber, and the pressure in a chamber was decompressed to 30kPa after that. After holding the pressure in a chamber for 6 minutes to 30kPa, said magnet body was made immersed into sealing material. Then, it was neglected for 3 minutes in this state by setting the inside of a chamber to 150kPa. Then, the pressure in a chamber was returned to atmospheric pressure, and the bond magnet with which the hole of the plating film was filled up with sealing material was taken out.

[0305]

<Sample No.18>

The permanent magnet (sample No.18) as well as the permanent magnet of sample No.1 was produced to the bond magnet in which the plating film was formed, except not having performed sealing.

[0306]

<Sample No.19>

The permanent magnet (sample No.19) as well as the permanent magnet of sample No.1 was produced except having performed sealing directly to the surface of a bond magnet, without forming a plating film.

[0307]

<Sample No.20>

Like the permanent magnet of sample No.19, after performing sealing to the surface of a bond magnet, the permanent magnet (sample No.20) as well as the permanent magnet of sample No.1 was produced except having formed the plating film further.

[0308]

Formation of the plating film was performed in the following modes.

First, plating liquid was prepared using TOPPUNI colon NAC-A (made by the Okuno Pharmaceuticals company), a TOPPUNI colon (made by the Okuno Pharmaceuticals company), and pure water. The concentration of TOPPUNI colon NAC-A in the obtained plating liquid and a TOPPUNI colon was 80 ml/L and 200 ml/L, respectively.

Next, using the plating liquid produced by performing it above, on the conditions for temperature [ of 85 \*\* ] x 30 minutes, electroless nickel plating was performed and the plating film (nickel-P film) was formed.

[0309]

About the permanent magnet of sample No.1 - No.20, the conditions of the composition of a plating film and a sealing part and sealing are shown in Table 1.

[0310]

[Table 1]

表 1

(実施例 1)

サンプル No.	めっき膜の構成	封孔処理		
		封孔材料	雰囲気圧力 [Pa]	封孔部の 構成材料
1(本発明)	Ni-P (無電解)	メタアクリレートエステル	$1 \times 10^5$	アクリル樹脂
2(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタアクリレートエステル	$1 \times 10^5$	アクリル樹脂
3(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタアクリレートエステル	$6 \times 10^4$	アクリル樹脂
4(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタアクリレートエステル	$3 \times 10^4$ $/1.2 \times 10^5$	アクリル樹脂
5(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂
6(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	ジハネキシレン	10~13	ポリハネキシレン
7(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$1 \times 10^5$	珪酸系高分子
8(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタアクリレートエステル	$1 \times 10^5$	アクリル樹脂
9(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタアクリレートエステル	$4.5 \times 10^4$	アクリル樹脂
10(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタアクリレートエステル	$5 \times 10^4$ $/1.3 \times 10^5$	アクリル樹脂
11(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂
12(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$3 \times 10^4$	エポキシ樹脂
13(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$3.5 \times 10^4$ $/1.4 \times 10^5$	エポキシ樹脂
14(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	ジハネキシレン	10~13	ポリハネキシレン
15(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$1 \times 10^5$	珪酸系高分子
16(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$4.5 \times 10^4$	珪酸系高分子
17(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$3 \times 10^4$ $/1.5 \times 10^5$	珪酸系高分子
18(比較例)	Ni-P (無電解)	—	—	—
19(比較例)	—	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂
20(比較例)	Ni-P (無電解)	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂

[0311]

[Evaluation of a permanent magnet]

&lt;Measurement of the thickness of a plating film&gt;

It asked for the average thickness of the plating film by the side of inner circumference and a periphery about each permanent magnet produced as mentioned above. It asked for the thickness of the plating film by the method of an inner circumference and periphery side measuring eight sections each by a fluorescence-X-rays measuring method, and taking average value.

[0312]

<Neutral salt spray test>

Based on the method of a statement, the atmospheric exposure test was carried out to JIS K 5401 about each permanent magnet of sample No.1 - No.20 for 24 hours.

[0313]

Then, when ten places where the magnet surfaces differ were observed and discoloration was not seen in a view under an 8 time microscope about each by the side of the inner skin of each permanent magnet, and a peripheral face, it evaluated as O. When 1-2 discoloration was checked in part, it evaluated as O. When three or more discoloration was checked, it evaluated as \*\*. When one or more rust was checked, it evaluated as x.

[0314]

<Measurement of radial crushing strength>

Radial crushing strength was measured about each permanent magnet of sample No.1 - No.20. Measurement of radial crushing strength was performed according to JIS Z 2507.

[0315]

About the permanent magnet of sample No.1 - No.20, the result of measurement of the average thickness of the plating film by the side of inner circumference and a periphery, a neutral salt spray test, and radial crushing strength is shown in Table 2.

[0316]

[Table 2]

表 2

(実施例 1)

サンプル No.	めっき膜平均厚さ [ $\mu\text{m}$ ]		$D_A / D_B$	塩水噴霧試験 結果	圧環強度 [MPa]
	内周側	外周側			
1(本発明)	18.2	18.5	—	◎	40
2(本発明)	21.0	21.8	—	◎	55
3(本発明)	22.1	22.3	—	◎	60
4(本発明)	21.5	21.6	—	◎	62
5(本発明)	22.3	22.5	—	◎	63
6(本発明)	23.1	22.8	—	◎	60
7(本発明)	21.3	22.0	—	◎	70
8(本発明)	22.1	22.3	0.005	◎	72
9(本発明)	21.2	21.0	0.005	◎	75
10(本発明)	21.1	20.9	0.005	◎	72
11(本発明)	20.5	21.0	0.005	◎	75
12(本発明)	20.1	20.8	0.005	◎	70
13(本発明)	21.8	22.0	0.005	◎	71
14(本発明)	22.3	22.5	0.005	◎	72
15(本発明)	22.2	23.0	0.005	◎	71
16(本発明)	21.5	21.8	0.005	◎	73
17(本発明)	20.2	20.0	0.005	◎	74
18(比較例)	18.2	18.5	—	△	25
19(比較例)	—	—	—	×	12
20(比較例)	18.5	18.1	—	△	30

[0317]

The permanent magnet (all are this inventions) of sample No.1 which performed sealing to the plating film - No.17 had the outstanding corrosion resistance and mechanical strength so that clearly from Table 2. Especially the permanent magnet (sample No.8-No.17) that formed the plating film as a layered product of a dry type plating layer and a wet plating layer had small dispersion in the thickness of the plating film by the side of the inner circumference of a permanent magnet, and a periphery, and it had the especially outstanding corrosion resistance and mechanical strength.

[0318]

On the other hand, each of permanent magnets (all are comparative examples) of sample No.18 - No.20 was inferior to corrosion resistance and a mechanical strength.

[0319]

The thickness of the plating film was measured [ permanent magnet / (all are this inventions) / of sample No.1 - No.17 ] about 12 places (part which it divided into the hoop direction 30 degrees at a time focusing on the cylindrical axis in the peripheral face of a

permanent magnet) of a peripheral face. As a result, dispersion in thickness was very small and all were  $\leq 0.7$  micrometers or less.

[0320]

(Example 2)

[Manufacture of a rotor (parts for motors)]

The rotor (parts for motors) as shown in drawing 5 as follows was manufactured using each permanent magnet of sample No.1 manufactured in said Example 1 - No.20.

[0321]

First, the yoke was obtained by preparing the approximately cylindrical member which comprised free cutting steel material (SUM21), and cutting to this. Thus, surface roughness  $R_a$  (internal surface) of the obtained yoke was 1.9 micrometers. The coefficient of thermal expansion (coefficient of linear expansion) at 20 °C of a yoke was  $11.7 [ \times 10^{-6} K^{-1} ]$ .

Next, the yoke and permanent magnet which were obtained were joined with heat caulking.

[0322]

Junction by heat caulking was performed as follows.

First, on susceptor, it heated so that the temperature of a yoke might be 200 °C. In such the state, the permanent magnet was inserted in the centrum from the end face side of a yoke using the jig in which the position of a height direction is decided. The temperature of the permanent magnet at this time was 20 °C.

[0323]

Then, it was made to move to a cooling block from susceptor, the yoke in the state where the permanent magnet was inserted in was cooled, and the temperature was 20 °C.

[0324]

As a result, in the thing using the permanent magnet of sample No.1-No.18 and No.20, the zygote which the yoke and the permanent magnet joined firmly was obtained. In the thing using the permanent magnet of sample No.19, the minute crack was produced in the permanent magnet by contraction of the yoke accompanying cooling.

[0325]

The rotor (parts for motors) as shown in drawing 5 was obtained using the zygote of the permanent magnet and yoke which were produced by making it above. Press fit performed each of junction to a yoke and a hub, and junction to a hub and a sleeve, using a free cutting steel (SUM21), aluminum, and brass respectively as a component of a yoke, a hub, and a sleeve.

[0326]

A size of the bond magnet used for manufacture about each rotor (a size in the natural state in a room temperature (20 °C): outer diameter x inside diameter (except for near tip part) x height), The size (a size in the natural state in a room temperature (20 °C): outer diameter x inside diameter (except for near tip part) x height) of a yoke and the inside diameter in the heated state of a yoke are shown in Table 3.

[0327]

[Table 3]

サンプル No.	永久磁石寸法[mm]			ヨーク寸法[mm]			加熱時における ヨーク内径
	外径	内径	高さ	外径	内径	高さ	
1(本発明)	22.620	20.721	8.45	24.620	22.622	8.50	22.624
2(本発明)	22.622	20.722	8.46	24.621	22.623	8.49	22.625
3(本発明)	22.623	20.723	8.45	24.622	22.625	8.50	22.627
4(本発明)	22.622	20.724	8.47	24.623	22.626	8.51	22.628
5(本発明)	22.623	20.725	8.46	24.621	22.628	8.50	22.630
6(本発明)	22.625	20.724	8.45	24.622	22.626	8.49	22.628
7(本発明)	22.624	20.725	8.43	24.621	22.625	8.50	22.628
8(本発明)	22.620	20.724	8.45	24.623	22.626	8.51	22.629
9(本発明)	22.621	20.724	8.46	24.622	22.626	8.51	22.628
10(本発明)	22.623	20.726	8.44	24.621	22.628	8.49	22.630
11(本発明)	22.622	20.725	8.44	24.621	22.626	8.50	22.628
12(本発明)	22.625	20.725	8.45	24.623	22.625	8.51	22.628
13(本発明)	22.623	20.724	8.46	24.622	22.625	8.50	22.627
14(本発明)	22.622	20.723	8.44	24.625	22.625	8.49	22.627
15(本発明)	22.624	20.725	8.45	24.623	22.626	8.51	22.628
16(本発明)	22.623	20.726	8.46	24.621	22.627	8.50	22.629
17(本発明)	22.621	20.724	8.45	24.623	22.628	8.51	22.631
18(比較例)	22.621	20.722	8.44	24.623	22.625	8.49	22.629
19(比較例)	22.618	20.721	8.44	24.625	22.623	8.50	22.625
20(比較例)	22.620	20.722	8.45	24.622	22.624	8.49	22.626

[0328]

[Evaluation of a rotor, and manufacture of a motor]

About each rotor manufactured as mentioned above, the amount of rotational unbalance was measured using the dynamic balancing machine by Shimadzu Corp. (VC 003T type). The number of rotations at that time was 3600 rpm.

The measurement result of the amount of rotational unbalance is shown in Table 4.

[0329]

[Table 4]

表 4 (実施例 2)

サンプル No.	回転アンバランス量 [g・cm]
1(本発明)	0.05
2(本発明)	0.04
3(本発明)	0.045
4(本発明)	0.04
5(本発明)	0.04
6(本発明)	0.035
7(本発明)	0.04
8(本発明)	0.045
9(本発明)	0.035
10(本発明)	0.03
11(本発明)	0.025
12(本発明)	0.025
13(本発明)	0.03
14(本発明)	0.025
15(本発明)	0.02
16(本発明)	0.03
17(本発明)	0.025
18(比較例)	0.8
19(比較例)	0.1
20(比較例)	0.9

[0330]

Table 4 shows that the amount of rotational unbalance is small in the rotor (all are this inventions) by sample No.1 - No.17. Especially, in the rotor using the permanent magnet (sample No.8-No.17) which formed the plating film as a layered product of a dry type plating layer and a wet plating layer, the amount of rotational unbalance was very small. On the other hand, in the rotor (comparative example) by sample No.19, the amount of rotational unbalance was large.

[0331]

Next, the motor as shown in drawing 6 was manufactured using the rotor by sample No.1 - No.20.

[0332]

Thus, about each obtained motor, the energizing operation (resistance welding time: for 30 seconds, maximum-engine-speed:7200rpm) to the coil of a stator was repeated, and was performed.

[0333]

In the motor (comparative example) according to sample No.19 to the vibration at the time of a drive and noise having been comparatively small in the motor (all are this inventions) by sample No.1 - No.17, the vibration at the time of a drive and noise were loud. Since the permanent magnet was suffered a loss and damaged at the time of heat caulking, this is considered to be what is depended on the imbalance amount of the rotor having been large.

[0334]

In the motor (comparative example) by sample No.19, when the number of times of the above-mentioned energizing operation amounted to the 30000th [ about ] time, it became what has still more intense vibration and noise (allophone) from from.

[0335]

Each motor was disassembled after performing the above-mentioned energizing operation 50000 times. The rotor was taken out from each disassembled motor and the atmospheric exposure test was carried out to JIS K 5401 about each of these rotors for 24 hours based on the method of a statement.

[0336]

As a result, in the rotor (all are comparative examples) by sample No.18 - No.20, discoloration by rust etc. was accepted around the permanent magnet clearly. On the other hand, discoloration by rust etc. was not accepted around the permanent magnet in the rotor by sample No.1 - No.17 (all are this inventions).

[0337]

(Example 3)

[Manufacture of a rotor (parts for motors)]

The rotor (parts for motors) as shown in drawing 5 as follows was manufactured using each permanent magnet of sample No.1 manufactured in said Example 1 - No.20.

[0338]

First, the yoke was obtained by preparing the approximately cylindrical member which comprised free cutting steel material (SUM21), and cutting to this. Thus, surface roughness Ra (internal surface) of the obtained yoke was 1.9 micrometers. The coefficient of thermal expansion (coefficient of linear expansion) at 20 °C of a yoke was  $11.7 [ \times 10^{-6} \text{K}^{-1} ]$ .

[0339]

Next, the permanent magnet was pressed fit in the centrum of the obtained yoke. as [ incline / a permanent magnet / in press fit of a permanent magnet / to a yoke ] -- position appearance was carried out and the hydraulic press performed using the jig. The relative movement speed (closing rate) of the permanent magnet at this time and a yoke was 5 cm/second.

[0340]

In the thing using the permanent magnet of sample No.1 - No.17, the permanent magnet and the yoke joined very firmly the zygote of the permanent magnet and yoke which could operate press fit smoothly and were obtained by press fit. Especially, the sealing part was



able to operate press fit smoothly in the permanent magnet (sample No.6, No.14) which comprised polyparaxylylene. In the thing using the permanent magnet of sample No.19, when it tried to join by press fit, some bond magnets were shaved off.

[0341]

The rotor (parts for motors) as shown in drawing 5 was obtained using the zygote of the permanent magnet and yoke which were produced by making it above. The same heat caulking as the above performed each of junction to a yoke and a hub, and junction to a hub and a sleeve, using a free cutting steel (SUM21), aluminum, and brass respectively as a component of a yoke, a hub, and a sleeve.

[0342]

A size of the bond magnet used for manufacture about each rotor (a size in the natural state in a room temperature (20 \*\*): outer diameter x inside diameter (except for near tip part) x height), The size (a size in the natural state in a room temperature (20 \*\*): outer diameter x inside diameter (except for near tip part) x height) of a yoke and the inside diameter in the heated state of a yoke are shown in Table 5.

[0343]

[Table 5]

表 5

(実施例3)

サンプル No.	永久磁石寸法[mm]			ヨーク寸法[mm]		
	外径	内径	高さ	外径	内径	高さ
1(本発明)	22.625	20.720	8.46	24.630	22.624	8.48
2(本発明)	22.623	20.722	8.48	24.635	22.623	8.49
3(本発明)	22.622	20.723	8.50	24.638	22.622	8.50
4(本発明)	22.623	20.722	8.51	24.635	22.623	8.50
5(本発明)	22.620	20.721	8.49	24.640	22.620	8.48
6(本発明)	22.625	20.725	8.48	24.638	22.624	8.49
7(本発明)	22.624	20.724	8.47	24.632	22.623	8.48
8(本発明)	22.623	20.724	8.46	24.635	22.621	8.46
9(本発明)	22.625	20.723	8.46	24.636	22.623	8.47
10(本発明)	22.624	20.723	8.49	24.636	22.623	8.50
11(本発明)	22.624	20.724	8.50	24.637	22.623	8.50
12(本発明)	22.623	20.725	8.51	24.632	22.622	8.51
13(本発明)	22.625	20.726	8.52	24.638	22.623	8.50
14(本発明)	22.621	20.723	8.51	24.640	22.620	8.49
15(本発明)	22.622	20.724	8.51	24.640	22.620	8.89
16(本発明)	22.623	20.726	8.50	24.637	22.621	8.48
17(本発明)	22.623	20.726	8.49	24.637	22.620	8.49
18(比較例)	22.624	20.725	8.48	24.636	22.623	8.49
19(比較例)	22.624	20.726	8.51	24.635	22.623	8.50
20(比較例)	22.623	20.724	8.49	24.636	22.621	8.49

[0344]

[Evaluation of a rotor, and manufacture of a motor]

About each rotor manufactured as mentioned above, the amount of rotational unbalance was measured using the dynamic balancing machine by Shimadzu Corp. (VC 003T type). The number of rotations at that time was 3600 rpm.

The measurement result of the amount of rotational unbalance is shown in Table 6.

[0345]

[Table 6]

表 6 (実施例3)

サンプル No.	回転アンバランス量 [g・cm]
1(本発明)	0.025
2(本発明)	0.02
3(本発明)	0.03
4(本発明)	0.035
5(本発明)	0.03
6(本発明)	0.025
7(本発明)	0.035
8(本発明)	0.02
9(本発明)	0.021
10(本発明)	0.022
11(本発明)	0.023
12(本発明)	0.025
13(本発明)	0.026
14(本発明)	0.028
15(本発明)	0.03
16(本発明)	0.025
17(本発明)	0.024
18(比較例)	0.10
19(比較例)	0.09
20(比較例)	0.08

[0346]

Table 6 shows that the amount of rotational unbalance is small in the rotor (all are this inventions) by sample No.1 - No.17. Especially, in the rotor using the permanent magnet (sample No.8-No.17) which formed the plating film as a layered product of a dry type plating layer and a wet plating layer, the amount of rotational unbalance was very small. On

the other hand, in the rotor (comparative example) by sample No.19, the amount of rotational unbalance was large.

[0347]

Next, the motor as shown in drawing 6 was manufactured using the rotor by sample No.1 - No.20.

[0348]

Thus, about each obtained motor, the energizing operation (resistance welding time: for 30 seconds, maximum-engine-speed:7200rpm) to the coil of a stator was repeated, and was performed.

[0349]

In the motor (comparative example) according to sample No.19 to the vibration at the time of a drive and noise having been comparatively small in the motor (all are this inventions) by sample No.1 - No.17, the vibration at the time of a drive and noise were loud. Since some bond magnets were shaved off at the time of press fit, this is considered to be what is depended on the imbalance amount of the rotor having been large.

[0350]

In the motor (comparative example) by sample No.19, when the number of times of the above-mentioned energizing operation amounted to the 30000th [ about ] time, it became what has still more intense vibration and noise (allophone) from from.

[0351]

Each motor was disassembled after performing the above-mentioned energizing operation 50000 times. The rotor was taken out from each disassembled motor and the atmospheric exposure test was carried out to JIS K 5401 about each of these rotors for 24 hours based on the method of a statement.

[0352]

As a result, in the rotor (all are comparative examples) by sample No.18 - No.20, discoloration by rust etc. was accepted around the permanent magnet clearly. On the other hand, discoloration by rust etc. was not accepted around the permanent magnet in the rotor (all are this inventions) by sample No.1 - No.17.

[0353]

[Effect of the Invention]

As explained above, according to this invention, the permanent magnet, the parts for motors, and motor which can demonstrate the characteristic stable over the long period of time can be provided.

[0354]

It becomes the thing excellent in the corrosion resistance of a permanent magnet, and especially a mechanical strength by performing sealing which is filled up with sealing material to the hole which exists in a plating film especially. As a result, the reliability of a permanent magnet, the parts for motors, and a motor improves further.

[0355]

The corrosion resistance of a permanent magnet and a mechanical strength can be further raised by choosing suitably the sealing material etc. with which a hole is filled up.

[0356]

When the plating film formed on the surface of a magnet body is made into the layered product of a dry type plating layer and a wet plating layer, while the corrosion resistance of a permanent magnet and a mechanical strength improve, dispersion in the thickness of the plating film in each part of a permanent magnet can be made small. Therefore, the motor using such a permanent magnet does not generate the vibration or noise (allophone) by axial blur easily.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is an expanded sectional view showing a 1st embodiment of the permanent magnet of this invention.

[Drawing 2] It is a section perspective view of the permanent magnet shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is a section perspective view showing a 2nd embodiment of the permanent magnet of this invention.

[Drawing 4] It is a mimetic diagram showing the composition of an ion plating system.

[Drawing 5] It is a section side view showing an embodiment with preferred parts for motors of this invention (rotor).

[Drawing 6] It is a section side view showing the suitable embodiment of a motor which has the parts for motors shown in drawing 5.

[Description of Notations]

1 .... permanent magnet 11 .... magnet body 12 .... plating film . 121 .... dry type plating layer 122 .... wet plating layer . 13 .... sealing part 14 .... hole 2 .... ion plating system 21 .... vacuum housing 22 .... vacuum pump 23 .... gas introduction needle valve 24 .... resistance heating part 25 .... DC sauce 26 .... high frequency generating coil 27 .... loading base . 28 .... evaporation source 3 .... rotor 31 .... hub . 32 .... Sleeve 321 .... Bearing 322 .... Bearing 323 .... Slot 33 .... York 4 .... Motor 41 .... Shaft 42 .... Stator 421 .... Core 422 .... Coil 43 .... Base 44 .... Flange 45 .... Thrust pad board

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

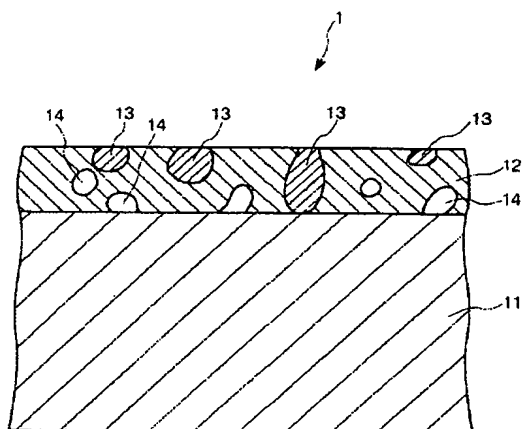
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

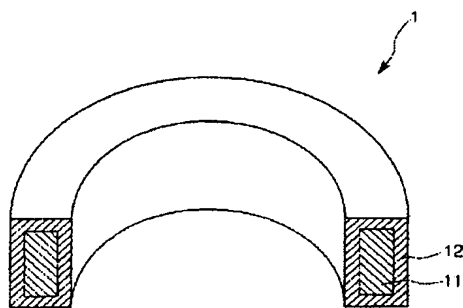
DRAWINGS

---

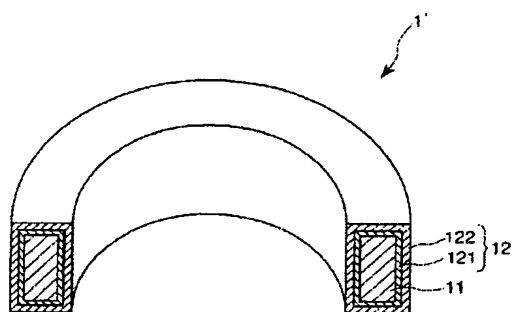
[Drawing 1]



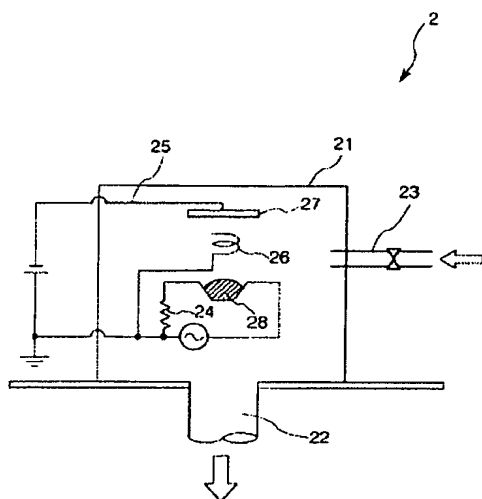
[Drawing 2]



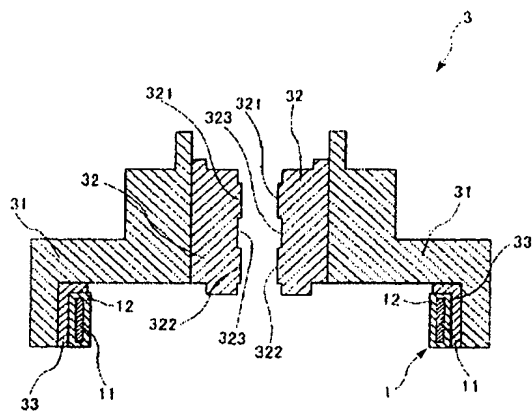
[Drawing 3]



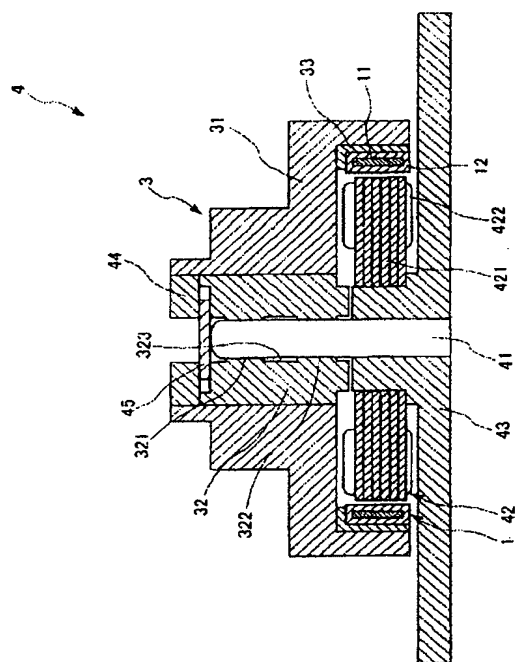
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-64895

(P2004-64895A)

(43) 公開日 平成16年2月26日(2004.2.26)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

H02K 1/27

H02K 1/27

502A

5E040

H01F 1/053

H02K 1/27

502E

5E062

H01F 1/08

H02K 1/27

502K

5H621

H01F 41/02

H01F 1/08

A

5H622

H02K 15/03

H01F 41/02

G

審査請求 未請求 請求項の数 58 O L (全 45 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-220320(P2002-220320)

(22) 出願日 平成14年7月29日(2002.7.29)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100091292

弁理士 増田 達哉

(74) 代理人 100091627

弁理士 朝比 一夫

(72) 発明者 小此木 格

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 神戸 正

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

最終頁に続く

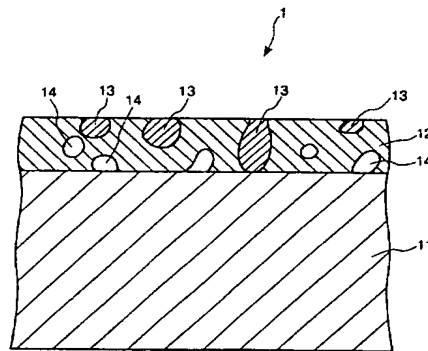
(54) 【発明の名称】 永久磁石の製造方法、永久磁石、モータ用部品およびモータ

## (57) 【要約】

【課題】長期間にわたって安定した特性を発揮することができる永久磁石を提供すること、また、当該永久磁石を提供することが可能な永久磁石の製造方法を提供すること、前記永久磁石を備えたモータ用部品、モータを提供すること。

【解決手段】永久磁石1は、磁石本体11と、磁石本体11の表面に設けられためっき膜12と、めっき膜12の表面付近に存在する空孔14内に充填されるように形成された封孔部13とを有する。封孔部13は、主として、高分子材料で構成されている。封孔部13は、特に、珪酸系高分子材料、ポリパラキシリレン樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂で構成されたものであるのが好ましい。封孔部13は、粘度が50cps以下の状態の封孔材料を用いた封孔処理により形成されたものである。めっき膜12の平均厚さは、5～45μmであるのが好ましい。

【選択図】 図1



FP05-0116

JP



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

磁石本体の表面に、めっき法により、主として金属材料で構成されためっき膜を形成する工程と、

前記めっき膜の表面付近に存在する空孔に対して封孔処理を施す工程とを有することを特徴とする永久磁石の製造方法。

## 【請求項 2】

前記空孔内に、封孔材料を充填することにより行う請求項 1 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 3】

前記封孔材料は、主として高分子材料および／またはその前駆物質で構成されたものである請求項 2 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 4】

前記封孔処理時における前記封孔材料の粘度は、50 c p s 以下である請求項 2 または 3 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 5】

前記空孔内に前記封孔材料を充填した後、当該封孔材料を 100℃以下の温度で硬化させる請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 6】

前記封孔処理は、含浸封孔処理である請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 7】

前記封孔処理を、乾式めっき法により行う請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 8】

前記封孔処理により、前記空孔内に、主として無機高分子材料で構成された封孔部を形成する請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 9】

前記無機高分子材料は、珪酸系高分子材料である請求項 8 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 10】

前記封孔処理により、前記空孔内に、主として有機高分子材料で構成された封孔部を形成する請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 11】

前記有機高分子材料は、ポリバラキシリレン樹脂である請求項 10 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 12】

前記有機高分子材料は、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂から選択される 1 種または 2 種以上を含むものである請求項 10 または 11 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 13】

前記封孔処理を減圧雰囲気下で行う請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 14】

前記封孔処理を加圧雰囲気下で行う請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 15】

前記めっき膜を電解めっきにより形成する請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 16】

前記めっき膜は、主として、Ni で構成されたものである請求項 1 ないし 15 のいずれか

10

20

30

40

50

に記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 17】

前記めっき膜の平均厚さは、 $5 \sim 45 \mu\text{m}$ である請求項 1 ないし 16 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 18】

前記磁石本体の外周側に形成された前記めっき膜の厚さを  $D_o [\mu\text{m}]$ 、前記磁石本体の内周側に形成された前記めっき膜の厚さを  $D_i [\mu\text{m}]$  としたとき、 $0.2 < D_i / D_o < 1.0$  の関係を満足する請求項 1 ないし 17 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 19】

前記めっき膜は、複数の層の積層体である請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。 10

【請求項 20】

前記めっき膜は、乾式めっき法により形成された乾式めっき層と、前記乾式めっき層の表面側に、湿式めっき法により形成された湿式めっき層とを有する積層体である請求項 1 ないし 19 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 21】

前記乾式めっき層をイオンプレーティング法により形成する請求項 20 に記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 22】

前記乾式めっき層は、電気伝導度が  $2 [\text{m} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}]$  以上の材料で構成されたものである請求項 20 または 21 に記載の永久磁石の製造方法。 20

【請求項 23】

前記乾式めっき層は、Cu、Al、Pd、Au、Ag、Pb、Sn、Ni、Fe、Co、In、V、Cr、Be、Zn、Ti、Mn から選択される 1 種または 2 種以上を含むものである請求項 20 ないし 22 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 24】

前記乾式めっき層の平均厚さは、 $0.1 \sim 2.5 \mu\text{m}$ である請求項 20 ないし 23 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 25】

前記湿式めっき層を電解めっきにより形成する請求項 20 ないし 24 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。 30

【請求項 26】

前記湿式めっき層は、主として、Ni で構成されたものである請求項 20 ないし 25 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 27】

前記湿式めっき層の平均厚さは、 $1.5 \sim 45 \mu\text{m}$ である請求項 20 ないし 26 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 28】

前記乾式めっき層の平均厚さを  $D_A [\mu\text{m}]$ 、前記湿式めっき層の平均厚さを  $D_B [\mu\text{m}]$  としたとき、 $0.002 < D_A / D_B < 1.667$  の関係を満足する請求項 20 ないし 27 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。 40

【請求項 29】

前記磁石本体は、略円筒状をなすものである請求項 1 ないし 28 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 30】

前記磁石本体の空孔率は、 $7.0 \text{ vol} \%$  以下である請求項 1 ないし 29 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 31】

前記磁石本体は、磁石粉末を結合樹脂で結合してなるボンド磁石である請求項 1 ないし 30 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 3 2】

前記磁石粉末は、希土類元素と、遷移金属と、ボロンとを含む組成のものである請求項 3 1 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 3 3】

前記ボンド磁石における前記磁石粉末の含有率は、94～99wt%である請求項 3 1 または 3 2 に記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 3 4】

前記磁石本体は、面取りされたものである請求項 1 ないし 3 3 のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

## 【請求項 3 5】

磁石本体と、前記磁石本体の表面に設けられためっき膜と前記めっき膜の表面付近に存在する空孔内に充填されるように形成された封孔部とを有することを特徴とする永久磁石。

## 【請求項 3 6】

前記封孔部は、主として無機高分子材料で構成されたものである請求項 3 5 に記載の永久磁石。

## 【請求項 3 7】

前記無機高分子材料は、珪酸系高分子材料である請求項 3 6 に記載の永久磁石。

## 【請求項 3 8】

前記封孔部は、主として有機高分子材料で構成されたものである請求項 3 5 に記載の永久磁石。

## 【請求項 3 9】

前記有機高分子材料は、ポリパラキシリレン樹脂である請求項 3 8 に記載の永久磁石。

## 【請求項 4 0】

前記有機高分子材料は、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂から選択される 1 種または 2 種以上を含むものである請求項 3 8 または 3 9 に記載の永久磁石。

## 【請求項 4 1】

前記めっき膜は、主として、Ni で構成されたものである請求項 3 5 ないし 4 0 のいずれかに記載の永久磁石。

## 【請求項 4 2】

前記めっき膜の平均厚さは、5～45μmである請求項 3 5 ないし 4 1 のいずれかに記載の永久磁石。

## 【請求項 4 3】

前記磁石本体の外周側に設けられた前記めっき膜の厚さを  $D_o$  [μm]、前記磁石本体の内周側に設けられた前記めっき膜の厚さを  $D_i$  [μm] としたとき、 $0.2 < D_i / D_o < 1.0$  の関係を満足する請求項 3 5 ないし 4 2 のいずれかに記載の永久磁石。

## 【請求項 4 4】

前記めっき膜は、複数の層の積層体である請求項 3 5 ないし 4 3 のいずれかに記載の永久磁石。

## 【請求項 4 5】

前記磁石本体は、略円筒状をなすものである請求項 3 5 ないし 4 4 のいずれかに記載の永久磁石。

## 【請求項 4 6】

前記磁石本体の空孔率は、7.0vol%以下である請求項 3 5 ないし 4 5 のいずれかに記載の永久磁石。

## 【請求項 4 7】

前記磁石本体は、磁石粉末を結合樹脂で結合してなるボンド磁石である請求項 3 5 ないし 4 6 のいずれかに記載の永久磁石。

## 【請求項 4 8】

前記磁石粉末は、希土類元素と、遷移金属と、ボロンとを含む組成のものである請求項 4

10

20

30

40

50

7 に記載の永久磁石。

【請求項 49】

前記ボンド磁石における前記磁石粉末の含有率は、94～99wt%である請求項47または48に記載の永久磁石。

【請求項 50】

前記磁石本体は、面取りされたものである請求項35ないし49のいずれかに記載の永久磁石。

【請求項 51】

請求項1ないし34のいずれかに記載の方法により製造されたことを特徴とする永久磁石。

【請求項 52】

請求項35ないし51のいずれかに記載の永久磁石と、前記永久磁石を支持する支持部材とを有することを特徴とするモータ用部品。

【請求項 53】

前記永久磁石は、熱カシメまたは圧入により、前記支持部材に固定されている請求項52に記載のモータ用部品。

【請求項 54】

モータ用部品は、ロータである請求項52または53に記載のモータ用部品。

【請求項 55】

請求項35ないし51のいずれかに記載の永久磁石を備えたことを特徴とするモータ。

【請求項 56】

請求項52ないし54のいずれかに記載のモータ用部品を備えたことを特徴とするモータ。

【請求項 57】

最大回転数が4000rpm以上の領域で用いられる請求項55または56に記載のモータ。

【請求項 58】

ハードディスクドライブに用いられる請求項55ないし57のいずれかに記載のモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、永久磁石の製造方法、永久磁石、モータ用部品およびモータに関する。

【0002】

【従来の技術】

希土類金属と遷移金属とを主成分とする希土類合金磁石は、フェライト系、アルニコ系磁石と比べて優れた磁気特性を有しており、幅広い用途に用いられている。

【0003】

しかしながら、希土類合金磁石は酸化されやすい欠点がある。特に、希土類合金磁石粉末を結合樹脂（バインダー）で結合させたボンド磁石は、高湿環境下で使用された場合には、酸化による磁気特性の劣化が問題となる。

そこで、耐酸化性の向上のため、ボンド磁石の表面に、電気めっき等により金属膜を形成することが行われている。

【0004】

しかしながら、このような金属膜を形成した場合であっても、十分な耐酸化性を得ることができないという問題点を有していた。

【0005】

また、焼結磁石等のボンド磁石以外の磁石においても、耐食性の向上、機械的強度の向上等を目的として、磁石の表面に、上記のような金属膜を形成する試みがあるが、このような磁石においても、目的を十分に達成することができないでいた。

【0006】

10

20

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】**

本発明の目的は、長期間にわたって安定した特性を発揮することができる永久磁石を提供すること、また、当該永久磁石を提供することが可能な永久磁石の製造方法を提供すること、前記永久磁石を備えたモータ用部品、モータを提供することにある。

**【0007】****【課題を解決するための手段】**

このような目的は、下記（１）～（５８）の本発明により達成される。

**【0008】**

（１） 磁石本体の表面に、めっき法により、主として金属材料で構成されためっき膜を形成する工程と、  
前記めっき膜の表面付近に存在する空孔に対して封孔処理を施す工程とを有することを特徴とする永久磁石の製造方法。

10

**【0009】**

（２） 前記空孔内に、封孔材料を充填することにより行う上記（１）に記載の永久磁石の製造方法。

**【0010】**

（３） 前記封孔材料は、主として高分子材料および／またはその前駆物質で構成されたものである上記（２）に記載の永久磁石の製造方法。

**【0011】**

（４） 前記封孔処理時における前記封孔材料の粘度は、５０ｃｐｓ以下である上記（２）または（３）に記載の永久磁石の製造方法。

20

**【0012】**

（５） 前記空孔内に前記封孔材料を充填した後、当該封孔材料を１００℃以下の温度で硬化させる上記（２）ないし（４）のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

**【0013】**

（６） 前記封孔処理は、含浸封孔処理である上記（１）ないし（５）のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

**【0014】**

（７） 前記封孔処理を、乾式めっき法により行う上記（１）ないし（６）のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

30

**【0015】**

（８） 前記封孔処理により、前記空孔内に、主として無機高分子材料で構成された封孔部を形成する上記（１）ないし（７）のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

**【0016】**

（９） 前記無機高分子材料は、珪酸系高分子材料である上記（８）に記載の永久磁石の製造方法。

**【0017】**

（１０） 前記封孔処理により、前記空孔内に、主として有機高分子材料で構成された封孔部を形成する上記（１）ないし（７）のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

**【0018】**

（１１） 前記有機高分子材料は、ポリパラキシリレン樹脂である上記（１０）に記載の永久磁石の製造方法。

40

**【0019】**

（１２） 前記有機高分子材料は、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂から選択される１種または２種以上を含むものである上記（１０）または（１１）に記載の永久磁石の製造方法。

**【0020】**

（１３） 前記封孔処理を減圧雰囲気下で行う上記（１）ないし（１２）のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

**【0021】**

50

(14) 前記封孔処理を加圧雰囲気下で行う上記(1)ないし(13)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0022】

(15) 前記めっき膜を電解めっきにより形成する上記(1)ないし(14)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0023】

(16) 前記めっき膜は、主として、Niで構成されたものである上記(1)ないし(15)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0024】

(17) 前記めっき膜の平均厚さは、 $5 \sim 45 \mu\text{m}$ である上記(1)ないし(16)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。 10

【0025】

(18) 前記磁石本体の外周側に形成された前記めっき膜の厚さを $D_o [\mu\text{m}]$ 、前記磁石本体の内周側に形成された前記めっき膜の厚さを $D_i [\mu\text{m}]$ としたとき、 $0.2 < D_i / D_o < 1.0$ の関係を満足する上記(1)ないし(17)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0026】

(19) 前記めっき膜は、複数の層の積層体である上記(1)ないし(18)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0027】

(20) 前記めっき膜は、乾式めっき法により形成された乾式めっき層と、前記乾式めっき層の表面側に、湿式めっき法により形成された湿式めっき層とを有する積層体である上記(1)ないし(19)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。 20

【0028】

(21) 前記乾式めっき層をイオンプレーティング法により形成する上記(20)に記載の永久磁石の製造方法。

【0029】

(22) 前記乾式めっき層は、電気伝導度が $2 [\text{m} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}]$ 以上の材料で構成されたものである上記(20)または(21)に記載の永久磁石の製造方法。

【0030】

(23) 前記乾式めっき層は、Cu、Al、Pd、Au、Ag、Pb、Sn、Ni、Fe、Co、In、V、Cr、Be、Zn、Ti、Mnから選択される1種または2種以上を含むものである上記(20)ないし(22)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。 30

【0031】

(24) 前記乾式めっき層の平均厚さは、 $0.1 \sim 2.5 \mu\text{m}$ である上記(20)ないし(23)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0032】

(25) 前記湿式めっき層を電解めっきにより形成する上記(20)ないし(24)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。 40

【0033】

(26) 前記湿式めっき層は、主として、Niで構成されたものである上記(20)ないし(25)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0034】

(27) 前記湿式めっき層の平均厚さは、 $1.5 \sim 45 \mu\text{m}$ である上記(20)ないし(26)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0035】

(28) 前記乾式めっき層の平均厚さを $D_A [\mu\text{m}]$ 、前記湿式めっき層の平均厚さを $D_B [\mu\text{m}]$ としたとき、 $0.002 < D_A / D_B < 1.667$ の関係を満足する上記(20)ないし(27)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0036】

(29) 前記磁石本体は、略円筒状をなすものである上記(1)ないし(28)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0037】

(30) 前記磁石本体の空孔率は、7.0 vol %以下である上記(1)ないし(29)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0038】

(31) 前記磁石本体は、磁石粉末を結合樹脂で結合してなるボンド磁石である上記(1)ないし(30)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0039】

(32) 前記磁石粉末は、希土類元素と、遷移金属と、ボロンとを含む組成のものである上記(31)に記載の永久磁石の製造方法。 10

【0040】

(33) 前記ボンド磁石における前記磁石粉末の含有率は、94～99 wt %である上記(31)または(32)に記載の永久磁石の製造方法。

【0041】

(34) 前記磁石本体は、面取りされたものである上記(1)ないし(33)のいずれかに記載の永久磁石の製造方法。

【0042】

(35) 磁石本体と、前記磁石本体の表面に設けられためっき膜と前記めっき膜の表面付近に存在する空孔内に充填されるように形成された封孔部とを有することを特徴とする永久磁石。 20

【0043】

(36) 前記封孔部は、主として無機高分子材料で構成されたものである上記(35)に記載の永久磁石。

【0044】

(37) 前記無機高分子材料は、珪酸系高分子材料である上記(36)に記載の永久磁石。

【0045】

(38) 前記封孔部は、主として有機高分子材料で構成されたものである上記(35)に記載の永久磁石。 30

【0046】

(39) 前記有機高分子材料は、ポリパラキシリレン樹脂である上記(38)に記載の永久磁石。

【0047】

(40) 前記有機高分子材料は、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂から選択される1種または2種以上を含むものである上記(38)または(39)に記載の永久磁石。

【0048】

(41) 前記めっき膜は、主として、Niで構成されたものである上記(35)ないし(40)のいずれかに記載の永久磁石。 40

【0049】

(42) 前記めっき膜の平均厚さは、5～45 μmである上記(35)ないし(41)のいずれかに記載の永久磁石。

【0050】

(43) 前記磁石本体の外周側に設けられた前記めっき膜の厚さを $D_o$  [μm]、前記磁石本体の内周側に設けられた前記めっき膜の厚さを $D_i$  [μm]としたとき、 $0.2 < D_i / D_o < 1.0$ の関係を満足する上記(35)ないし(42)のいずれかに記載の永久磁石。

【0051】

(44) 前記めっき膜は、複数の層の積層体である上記(35)ないし(43)のいずれ 50

れかに記載の永久磁石。

【0052】

(45) 前記磁石本体は、略円筒状をなすものである上記(35)ないし(44)のいずれかに記載の永久磁石。

【0053】

(46) 前記磁石本体の空孔率は、7.0vol%以下である上記(35)ないし(45)のいずれかに記載の永久磁石。

【0054】

(47) 前記磁石本体は、磁石粉末を結合樹脂で結合してなるボンド磁石である上記(35)ないし(46)のいずれかに記載の永久磁石。

10

【0055】

(48) 前記磁石粉末は、希土類元素と、遷移金属と、ボロンとを含む組成のものである上記(47)に記載の永久磁石。

【0056】

(49) 前記ボンド磁石における前記磁石粉末の含有率は、94～99wt%である上記(47)または(48)に記載の永久磁石。

【0057】

(50) 前記磁石本体は、面取りされたものである上記(35)ないし(49)のいずれかに記載の永久磁石。

【0058】

20

(51) 上記(1)ないし(34)のいずれかに記載の方法により製造されたことを特徴とする永久磁石。

【0059】

(52) 上記(35)ないし(51)のいずれかに記載の永久磁石と、前記永久磁石を支持する支持部材とを有することを特徴とするモータ用部品。

【0060】

(53) 前記永久磁石は、熱カシメまたは圧入により、前記支持部材に固定されている上記(52)に記載のモータ用部品。

【0061】

(54) モータ用部品は、ロータである上記(52)または(53)に記載のモータ用部品。

30

【0062】

(55) 上記(35)ないし(51)のいずれかに記載の永久磁石を備えたことを特徴とするモータ。

【0063】

(56) 上記(52)ないし(54)のいずれかに記載のモータ用部品を備えたことを特徴とするモータ。

【0064】

(57) 最大回転数が4000rpm以上の領域で用いられる上記(55)または(56)に記載のモータ。

40

【0065】

(58) ハードディスクドライブに用いられる上記(55)ないし(57)のいずれかに記載のモータ。

【0066】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の永久磁石の製造方法、永久磁石、モータ用部品、およびモータの好適な実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

【0067】

図1は、本発明の永久磁石の第1実施形態を示す拡大断面図、図2は、図1に示す永久磁石の断面斜視図である。なお、図2(後述する図3、図5、図6についても同様)におい

50



ては、封孔部 1 3、空孔 1 4 を省略して示した。

【0068】

本発明の永久磁石 1 は、磁石本体 1 1 と、磁石本体 1 1 に形成されためっき膜 1 2 と、めっき膜 1 2 の表面付近に存在する空孔 1 4 内に充填するように形成された封孔部 1 3 とを有する。

【0069】

磁石本体 1 1 の形状は特に限定されるものではない。なお、図 2 では、例として、後に詳述するモータに用いる場合に好適な略円筒形状のものを挙げている。

【0070】

磁石本体 1 1 は、多極着磁されている。

磁石本体 1 1 としては、例えば、鑄造磁石、焼結磁石、ボンド磁石のほか、圧延、鍛造、熱間押出等の方法により得られる磁石等いかなるものを用いてもよい。

【0071】

この中でも、例えば、永久磁石 1 を後述するようなモータに用いる場合には、成形性に優れるボンド磁石が好ましい。これにより、優れた磁気特性を安定して得ることができる。

【0072】

ボンド磁石は、主として、磁石粉末と、結合樹脂（バインダー）とで構成される。

【0073】

ボンド磁石を構成する磁石粉末としては、例えば、希土類元素と遷移金属とを基本成分とする希土類磁石粉末が好適に使用される。

【0074】

希土類磁石粉末（以下単に、「磁石粉末」とも言う）としては、希土類元素と遷移金属と、ボロンとを含む合金よりなるものが好ましい。

【0075】

特に、R（ただし、R は、Y を含む希土類元素のうちの少なくとも 1 種）と、Fe を主とする遷移金属（TM）と、B とを基本成分とするもの（以下、R-TM-B 系合金と言う）を用いるのが好ましい。

【0076】

R-TM-B 系合金の代表的なものとしては、Nd-Fe-B 系合金、Pr-Fe-B 系合金、Nd-Pr-Fe-B 系合金、Nd-Dy-Fe-B 系合金、Ce-Nd-Fe-B 系合金、Ce-Pr-Nd-Fe-B 系合金、これらにおける Fe の一部を Co、Ni 等の他の遷移金属で置換したもの等が挙げられる。

【0077】

前記希土類元素としては、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、ミッシュメタルが挙げられ、これらを 1 種または 2 種以上含むことができる。また、前記遷移金属としては、Fe、Co、Ni 等が挙げられ、これらを 1 種または 2 種以上含むことができる。

【0078】

このような R-TM-B 系合金のうち少なくとも 2 種を混合して用いてもよい。これにより、混合する各磁石粉末の利点を併有することができ、所望する磁気特性を容易に得ることができる。

【0079】

また、前記 R-TM-B 系合金のうち、少なくとも 1 種とフェライト粉末（例えば、BaO・6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等の Ba-フェライト、SrO・6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等の Sr-フェライトや、これらの一部を他の遷移金属、希土類元素で置換したもの等）を混合して用いてもよい。これにより、混合する各磁石粉末の利点を併有することができ、所望する磁気特性を容易に得ることができる。

【0080】

また、保磁力、最大磁気エネルギー積等の磁気特性を向上させるため、あるいは、耐熱性、耐食性を向上させるために、磁石材料中には、必要に応じ、Al、Cu、Ga、Si、

10

20

30

40

50

Ti、V、Ta、Zr、Nb、Mo、Hf、Ag、Zn、P、Ge、Cr、W等を含有することもできる。

また、磁石本体11における前記磁石粉末の含有率は、94～99wt%であるのが好ましく、95～99.0wt%であるのがより好ましい。磁石粉末の含有率が前記下限値未満であると、永久磁石1の用途等によっては、十分な磁気特性が得られない可能性がある。一方、磁石粉末の含有率が前記上限値を超えると、磁石本体11の成形性が低下するとともに、磁石本体11中の空孔率が急激に高くなる傾向を示し、後述するようなめっき膜12、封孔部13を形成しても、本発明の効果を十分に発揮するのが困難になる可能性がある。

#### 【0081】

結合樹脂（バインダー）としては、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂等が挙げられる。

#### 【0082】

熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアミド（例：ナイロン6、ナイロン46、ナイロン66、ナイロン610、ナイロン612、ナイロン11、ナイロン12、ナイロン6-12、ナイロン6-66、9Tナイロン）、熱可塑性ポリイミド、芳香族ポリエステル等の液晶ポリマー、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン-酢酸ビニル共重合体等のポリオレフィン、変性ポリオレフィン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート等のポリエステル、ポリエーテル、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリアセタール、ポリアクリル等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を混合して用いることができる。

#### 【0083】

このような熱可塑性樹脂は、その種類、共重合化等により、例えば成形性を重視したものや、耐熱性、機械的強度を重視したものというように、広範囲の選択が可能となるという利点がある。

#### 【0084】

一方、熱硬化性樹脂としては、例えば、ビスフェノール型、ノボラック型、ナフタレン系等の各種エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル（不飽和ポリエステル）樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂、ポリウレタン樹脂等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を混合して用いることができる。

#### 【0085】

なお、使用される熱硬化性樹脂（未硬化）は、室温で液状のものでも、固形（粉末状）のものでもよい。

#### 【0086】

さらに、磁石本体11の構成材料中に、滑材、酸化防止材等の添加材を微量添加してもよい。

#### 【0087】

ボンド磁石の成形方法は、プレス成形、射出成形、押し出し成形等、特に限定されない。

#### 【0088】

プレス成形の場合には、例えば、成形圧力：2～16トン/cm<sup>2</sup>、焼成温度：100～200℃で加熱硬化するのが好ましい。

#### 【0089】

射出成形の場合には、例えば、成形温度：200～280℃、成形型閉め圧力：0.1～3トン/cm<sup>2</sup>で成形するのが好ましい。

#### 【0090】

押し出し成形の場合には、例えば、成形温度：150～250℃、成形速度：2～10m/sで成形するのが好ましい。

#### 【0091】

このようにして各種成形法により成形された磁石本体11は、必要に応じて所望の寸法・

10

20

30

40

50

形状に2次加工される。

【0092】

磁石本体11の磁気特性は、特に限定されないが、磁気エネルギー積 $(BH)_{max}$ が $32\text{ kJ/m}^3$ 以上のものが好ましく、 $48\text{ kJ/m}^3$ 以上のものがより好ましく、 $64\text{ kJ/m}^3$ 以上のものがさらに好ましい。

【0093】

また、磁石本体11の空孔率は、 $7.0\text{ vol\%}$ 以下であるのが好ましく、 $5.0\text{ vol\%}$ 以下であるのがより好ましい。空孔率が前記上限値を超えると、後述するようなめっき膜12、封孔部13を形成しても、本発明の効果が十分に発揮されない可能性がある。

【0094】

また、磁石本体11は、その端部の角（少なくとも先端部の外周側の角）に面取りを施したものであってもよい。これにより、永久磁石1は、カケ等の欠陥を、さらに生じにくいものとなる。また、例えば、本発明の永久磁石1をモータに用いる場合、永久磁石1とヨーク（支持部材）との接合を圧入により行う際に、その操作を容易に行うことが可能になる。また、圧入の操作を行う際に、永久磁石1の表面に、傷が付くのをより効果的に防止することができる。その結果、永久磁石1の腐食、機械的強度の低下が防止され、結果として、モータの長期安定性が向上する。

【0095】

本発明の永久磁石1は、磁石本体11の表面に、めっき法により形成された、めっき膜12を有している。

【0096】

めっき膜12は、主として金属材料で構成されたものである。

めっき膜12を構成する材料としては、例えば、Cu、Al、Pd、Au、Ag、Pb、Sn、Ni、Fe、Co、In、V、Cr、Zn、Ti、Mn、Pt、Rh、等が挙げられ、これらのうち1種または2種以上を含む無機材料を用いることができる。この中でも、めっき膜12を構成する金属材料としては、Niを主とするものが好ましい。これにより、永久磁石1の耐食性、機械的強度は、特に優れたものとなる。また、永久磁石1を後述するようなモータに用いた場合には、永久磁石とヨーク（支持部材）との密着性（接合強度）は、特に優れたものとなる。

【0097】

めっき膜12の平均厚さは、めっき膜12の組成や形成方法等により異なるが、 $5\sim45\mu\text{m}$ であるのが好ましく、 $10\sim45\mu\text{m}$ であるのがより好ましい。めっき膜12の平均厚さが前記下限値未満であると、めっき膜12の表面付近に存在する空孔14が多くなり、後述する封孔部13を形成しても、封孔部13の形成条件等によっては、本発明の効果が十分に得られない可能性がある。一方、めっき膜12の平均厚さが前記上限値を超えると、各部位における厚さのばらつきが大きくなり、永久磁石1の寸法精度が低下する傾向を示す。

【0098】

また、めっき膜12は、各部位での厚さのばらつきが小さいものであるのが好ましい。これにより、永久磁石1は、安定した耐食性、機械的強度を有するものとなる。また、永久磁石1を後述するようなモータに用いた場合、めっき膜12の厚さのばらつきが小さいことにより、永久磁石1全体としての寸法精度が向上し、寸法公差を小さくすることができる。その結果、このような永久磁石1を備えたモータは、軸ぶれによる振動や、騒音（異音）を発生しにくいものとなる。例えば、略円筒形状を有する磁石本体11においては、外周側に形成されためっき膜12の厚さを $D_o[\mu\text{m}]$ 、磁石本体11の内周側に形成されためっき膜12の厚さを $D_i[\mu\text{m}]$ としたとき、 $0.2 < D_i/D_o < 1.0$ の関係を満足するのが好ましく、 $0.5 < D_i/D_o < 1.0$ の関係を満足するのがより好ましい。

【0099】

また、永久磁石1を、後述するようなモータに用いる場合には、特に、以下のような条件

10

20

30

40

50

を満足するのが好ましい。

【0100】

〔1〕めっき膜12は、ビッカース硬度Hvが150以上であるのが好ましく、200以上であるのがより好ましい。めっき膜12のビッカース硬度Hvが150以上であると、永久磁石1の機械的強度は、特に優れたものとなる。また、めっき膜12のビッカース硬度Hvが150以上であると、例えば、本発明の永久磁石1を後述するようなモータに用いた場合に、永久磁石1と支持部材（ヨーク）との接合を圧入により行う際、その工程において、永久磁石1の表面に、傷が付くのをより効果的に防止することができる。その結果、永久磁石1の腐食、機械的強度の低下がより効果的に防止され、結果として、本発明の永久磁石1を用いたモータの長期安定性が向上する。

10

【0101】

〔2〕めっき膜12は、適度な潤滑性を有するものであるのが好ましい。これにより、例えば、永久磁石1をモータに用いた場合に、永久磁石1とヨークとの接合を圧入により行う際、その操作を容易に行うことができる。また、圧入時に、永久磁石1の表面に、傷が付くのをより効果的に防止することができる。その結果、永久磁石1の腐食、機械的強度の低下が防止され、結果として、本発明の永久磁石1を用いたモータの長期安定性が向上する。潤滑性を示す指標としては、例えば、JIS R 1613に準じて測定されるボールオンディスク法での摩擦係数 $\mu$ 等が挙げられる。ボールオンディスク法により測定されるめっき膜12の摩擦係数 $\mu$ は、0.1～0.7程度であるのが好ましく、0.2～0.6程度であるのがより好ましい。めっき膜12の摩擦係数 $\mu$ が前記下限値未満であると、例えば、永久磁石1をモータに用いた場合に、永久磁石1とヨークとの密着性（接合強度）が低下する可能性がある。一方、めっき膜12の摩擦係数 $\mu$ が前記上限値を超えると、例えば、永久磁石1をモータに用いた場合に、圧入により、永久磁石1を支持部材（ヨーク）に、支持固定させるのが困難となる。

20

【0102】

〔3〕永久磁石1において、磁石本体11の室温付近での熱膨張率（線膨張率）を $\alpha_1$  [ $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ]、めっき膜12の構成材料の室温付近での熱膨張率（線膨張率）を $\alpha_2$  [ $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ]としたとき、 $|\alpha_2 - \alpha_1|$ は、15 [ $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ]以下であるのが好ましく、10 [ $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ]以下であるのがより好ましい。 $|\alpha_2 - \alpha_1|$ が15 [ $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ]以下であると、例えば、永久磁石1を後述するようなモータに用いた場合に、ロータ、モータの製造時や使用時等における、永久磁石1の温度の変化量が比較的大きい場合であっても、めっき膜12が磁石本体11から剥離するのをより効果的に防止することができる。その結果、永久磁石1の腐食、機械的強度の低下や、ロータの重心のアンバランス量（回転アンバランス量）の増大が防止され、結果として、モータの長期安定性が向上する。

30

【0103】

めっき膜12は、上述したように、めっき法により形成されたものである。めっき法としては、例えば、電解めっき、浸漬めっき、無電解めっき等の湿式めっき法、真空蒸着、スパッタリング、熱CVD、プラズマCVD、レーザーCVD等の化学蒸着法（CVD）、イオンプレーティング等の乾式めっき法等が挙げられる。この中でも、めっき膜12を形成するためのめっき法としては、電解めっきが好ましい。電解めっきを用いることにより、比較的簡易な装置で、磁石本体11との密着性（接合強度）に優れ、かつ、均質なめっき膜12を容易に形成することができる。

40

【0104】

また、電解めっきでは、めっき液の組成等を調節することにより、形成されるめっき膜（金属めっき層）12の組成を容易に調節することができる。その結果、例えば、めっき膜12の物性（例えば、機械的強度、硬度、摩擦係数、熱膨張率、耐食性等）や、めっき膜12の、磁石本体11に対する親和性等を容易に調節することができる。

【0105】

また、電解めっきでは、電流密度等のめっき条件を調節することにより、めっき膜12の

50

膜厚、密度等を容易に調節することができる。その結果、めっき膜 1 2 の物性（例えば、機械的強度、硬度、摩擦係数、耐食性等）を容易に調整することができる。

【0106】

電解めっきは、例えば、以下のような条件で行うのが好ましい。

電解めっき時における浴温は、特に限定されないが、20～70℃であるのが好ましく、40～65℃であるのがより好ましい。浴温が、前記下限値未満であると、めっき速度の低下、光沢ムラ、異常析出が発生しやすい。一方、浴温が、前記上限値を超えると、異常析出、光沢剤の分解が発生しやすい。

【0107】

また、電解めっき時における電流密度は、特に限定されないが、0.1～8.0 A/dm<sup>2</sup> であるのが好ましく、0.5～6.0 A/dm<sup>2</sup> であるのがより好ましい。電流密度が前記範囲内の値であると、磁石本体 1 1 との密着性に優れ、かつ、均質で緻密なめっき膜 1 2 を、効率良く形成することができる。

【0108】

また、めっき膜 1 2 の形成に先立ち、磁石本体 1 1 の表面に対して、前処理を施してもよい。前処理としては、例えば、プラスト処理、アルカリ洗浄（アルカリ脱脂処理）、酸洗浄、水洗（純水洗浄を含む）、有機溶剤洗浄、超音波洗浄、ボンバード処理等の清浄化処理、エッチング等が挙げられる。このような前処理を施すことにより、例えば、磁石本体 1 1 とめっき膜 1 2 との密着性が向上し、結果として、永久磁石 1 の信頼性が向上する。

【0109】

なお、めっき膜 1 2 の各部位における組成は、一定であっても、一定でなくてもよい。例えば、めっき膜 1 2 は、その厚さ方向に沿って、組成が順次変化するもの（傾斜材料）であってもよい。

【0110】

また、めっき膜 1 2 は、例えば、形成方法、形成条件、組成の異なる複数の層の積層体であってもよい。めっき膜 1 2 をこのような積層体として形成することにより、磁石本体 1 1 とめっき膜 1 2 との密着性を向上させることができ、結果として、永久磁石 1 の耐食性、機械的強度をさらに優れたものにすることができる。

【0111】

このようにして形成されためっき膜 1 2 は、通常、微小な空孔 1 4 を有している。このような空孔 1 4（少なくともめっき膜 1 2 の表面付近に存在する空孔 1 4）に対して封孔処理を施すことにより、本発明の永久磁石 1 が得られる。

【0112】

このように、本発明は、めっき膜 1 2 の表面付近に存在する空孔 1 4 に、封孔処理を施す点に特徴を有する。

【0113】

ところで、永久磁石の耐食性を向上させる目的で、磁石本体（特にボンド磁石）に対してめっき膜を形成する試みは、従来から行われてきた。しかしながら、磁石本体の表面にめっき膜を形成するだけでは、耐食性を十分に向上させるのが困難であった。また、磁石本体に封孔処理を施したり、封孔処理を施した磁石本体にめっき膜を形成した場合についても、前記と同様に、耐食性を十分に向上させるのが困難であった。

【0114】

これに対し、本発明では、磁石本体の表面に設けられためっき膜に対して封孔処理を施すことにより、十分な耐食性を有する永久磁石を得ることができる。

【0115】

これは、以下のような理由によるものであると考えられる。

すなわち、磁石本体は、一般に、比較的高い空孔率を有している。したがって、磁石本体に対してめっき膜を形成してなる永久磁石では、めっき膜の膜厚が比較的厚いものであっても、磁石本体を外界から十分効果的に遮断するのは困難である。また、めっき膜は、その成膜条件を制御した場合であっても、めっき膜中における空孔率を所定値以下にするの

10

20

30

40

50

は極めて困難である。したがって、磁石本体に対してめっき膜を形成してなる永久磁石では、めっき膜の表面付近に存在する空孔の内部に腐食性物質等が滞留しやすく、耐食性を向上させるのは困難である。また、このような永久磁石では、めっき膜の膜厚が比較的厚い場合であっても、めっき膜の機能低下を生じやすく、また、磁石本体とめっき膜との密着性低下を生じやすい。したがって、このような永久磁石では長期安定性に劣る。

また、磁石本体に対して封孔処理を行った場合についても同様である。特に、比較的高い空孔率を有する磁石本体に対して、このような封孔処理を行う場合、前述したようなめっき膜と比較しても、耐食性向上の効果は、低いものとなる。また、磁石本体に対して封孔処理を施した後、さらに、めっき膜を形成しても、十分な効果が得られない。これは、上述したように、めっき膜中における空孔率を所定値以下にするのが困難であることによるものであると考えられる。

10

これに対し、本発明では、磁石本体 11 の表面に形成されためっき膜 12 に対して封孔処理を行うため、磁石本体 11 を外界からより効果的に遮断することができる。その結果、磁石本体 11 は、腐食等を生じにくいものとなり、永久磁石 1 全体としての長期安定性が向上する。

#### 【0116】

また、このような封孔処理を施すことにより、永久磁石 1 の機械的強度も優れたものとなる。

#### 【0117】

また、めっき膜 12 に対して封孔処理を施すことにより、めっき膜 12 の表面付近に存在する空孔 14 の少なくとも一部が消滅するため（封孔されるため）、永久磁石 1 の表面に、腐食性物質が付着しにくくなり（滞留しにくくなり）、めっき膜 12 の安定性も向上する。

20

#### 【0118】

封孔処理は、いかなる方法によるものであってもよいが、空孔 14 内に封孔材料を充填し、封孔部 13 を形成することにより行うものであるのが好ましい。封孔材料を用いることにより、前述した封孔処理の効果をより確実に発揮することができる。

#### 【0119】

空孔 14 内に充填する封孔材料は、特に限定されないが、例えば、主として高分子材料および／またはその前駆物質（当該ポリマーのモノマー、ダイマー、トリマー、オリゴマー、プレポリマー等）を好適に用いることができる。封孔材料としてこのような材料を用いることにより、形成される封孔部 13 は、安定性に優れたものとなり、封孔処理による効果を、より長期間にわたって確実に発揮することができる。

30

#### 【0120】

空孔 14 内に充填された封孔材料は、100℃以下の温度で硬化するものであるのが好ましい。これにより、磁石本体 11 が比較的耐熱性に劣るものであっても、磁気特性の低下を十分に防止しつつ、封孔部 13 を形成することができる。

#### 【0121】

封孔材料を充填することにより形成される封孔部 13 は、主として高分子材料で構成されたものであるのが好ましい。これにより、形成される封孔部 13 は、安定性に優れたものとなり、封孔処理による効果を、より長期間にわたって確実に発揮することが可能となる。

40

#### 【0122】

封孔部 13 を構成する高分子材料としては、例えば、無機高分子材料、有機高分子材料の他、これらの複合体等が挙げられる。

#### 【0123】

封孔部 13 が、主として無機高分子材料で構成されたものであると、封孔部 13 の耐熱性が向上し、例えば、永久磁石 1 が高温条件下等で用いられるものであっても、長期間にわたって安定した特性を得ることができる。

#### 【0124】

50

無機高分子材料としては、例えば、珪酸系高分子材料、ケイ酸リン酸複合ポリマー（例えば、 $\text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{Na}_2\text{O} - \text{Li}_2\text{O}$ 系複合ポリマー等）等が挙げられる。

【0125】

また、封孔部13が、主として有機高分子材料で構成されたものであると、例えば、比較的低温度（例えば、 $100^\circ\text{C}$ 以下 $70^\circ\text{C}$ 水準）の湯浸漬で、当該有機高分子材料を硬化させる工程と同時に、めっき膜の表面を洗浄する（余剰の有機高分子材料を除去する）ことができる。

【0126】

有機高分子材料としては、例えば、ポリパラキシリレン樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂等の各種樹脂材料や、これらのモノマー、ダイマー、オリゴマー、プレポリマー等の前駆体（例えば、メタクリレートエステルモノマー等）などが挙げられ、これらから選択される1種または2種以上を組み合わせることができる。

【0127】

この中でも、ポリパラキシリレン樹脂は、撥水性および潤滑性が特に優れているため、永久磁石1の表面に腐食性物質等が付着するのを効果的に防止することができる。その結果、永久磁石1の耐食性は、特に優れたものとなる。

【0128】

また、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂から選択される1種または2種以上を組み合わせる用いた場合、封孔効果、封孔効率をさらに高めることができる。

【0129】

このような封孔処理は、例えば、含浸封孔処理、乾式めっき法等により行うことができる。

【0130】

封孔処理を含浸封孔処理により行う場合、特に微細な孔（例えば、その孔径が $10\mu\text{m}$ 以下の、いわゆるメクラ孔）に対しても、より確実に封孔処理を施すことが可能となる。

【0131】

封孔処理を乾式めっき法により行う場合、ピンホール孔径が $8\mu\text{m}$ 以上の孔に対する封孔効率が特に優れたものとなる。

【0132】

また、封孔処理時における封孔材料の粘度は、特に限定されないが、 $50\text{cps}$ 以下であるのが好ましく、 $20\text{cps}$ 以下であるのがより好ましい。封孔材料の粘度が $50\text{cps}$ を超えると、封孔材料がめっき膜12の空孔14内に侵入しにくくなり、めっき膜12の表面の濡れ性等によっては、本発明の効果が十分に得られない。

【0133】

また、このような封孔処理は、大気圧下で行うものであってもよいし、減圧雰囲気下、加圧雰囲気下で行うものであってもよい。

封孔処理を減圧雰囲気下で行った場合、空孔14内に存在する空気等を効果的に排除することができる。このため、空孔14内に、封孔材料を効率良く充填することが可能となり、永久磁石1は、表面付近における空孔率が特に低いものとなる。その結果、永久磁石1の耐食性、機械的強度は、さらに優れたものとなる。

【0134】

封孔処理を加圧雰囲気下で行った場合、封孔材料は、外圧により強制的に空孔14内に充填されることになる。その結果、永久磁石1は、表面付近における空孔率が特に低いものとなり、耐食性、機械的強度がさらに向上する。

【0135】

また、封孔処理時においては、雰囲気圧力を、経時的に変化させてもよい。例えば、めっき膜12が形成された磁石本体11をチャンバー内に入れた後、チャンバー内を減圧し、さらに、流動性を有する封孔材料中に、前記磁石本体11を浸漬させた後、チャンバー内

10

20

30

40

50

を大気圧以上の圧力に高めても良い。これにより、封孔処理の効果をさらに高めることができる。

【0136】

また、前述したような封孔処理は、めっき膜12の表面付近に存在する空孔14の少なくとも一部を封孔するものであればよいが、めっき膜12の表面付近に存在する空孔14の大部分を封孔するものであるのが好ましい。これにより、前述した封孔処理による効果は特に優れたものとなる。また、例えば、封孔部13と同様の材料で構成された層が、めっき膜12の表面に形成されていてもよい。

【0137】

なお、封孔処理は、上述したように封孔材料を空孔14内に充填する方法に限定されない。例えば、めっき膜12が形成された磁石本体11を熱水等で処理（例えば、浸漬処理）することにより、空孔14内に不動態を形成するような方法であってもよい。

【0138】

前述したように、本発明の永久磁石は、磁石本体の表面に形成されためっき膜に、封孔処理が施されたものであればいかなるものであってもよく、例えば、磁石本体に対して封孔処理を施した後、上述したようなめっき膜を形成し、当該めっき膜に封孔処理を施したものであってもよい。

【0139】

本発明の永久磁石1の用途は、特に限定されないが、例えば、モータに搭載されて用いられるものであるのが好ましい。これにより、本発明の効果をより顕著に発揮させることができる。

【0140】

また、本発明の永久磁石は、前述したように、優れた機械的強度を有している。このため、本発明の永久磁石は、比較的大きな外力が加わるものや、継続的に外力を加えた状態で用いるものに、特に好適に適用できる。したがって、本発明の永久磁石は、例えば、後述するようなモータ、すなわち、永久磁石が、熱カシメまたは圧入により、支持部材（ヨーク）に固定されたモータに好適に適用することができる。

【0141】

次に、本発明の第2実施形態の永久磁石および永久磁石の製造方法について説明する。以下、本実施形態の永久磁石および永久磁石の製造方法について、前述した実施形態との違いを中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

【0142】

図3は、本発明の永久磁石の第2実施形態を示す断面斜視図である。

図3に示すように、本実施形態の永久磁石1では、めっき膜12が乾式めっき層121と湿式めっき層122との積層体で構成されている。このように、めっき膜12は、例えば、形成方法、形成条件、組成の異なる複数の層の積層体であっても良い。めっき膜12をこのような積層体として形成することにより、磁石本体11とめっき膜12との密着性を向上させることができ、結果として、永久磁石1の耐食性、機械的強度をさらに優れたものにすることができる。

乾式めっき層121は、乾式めっき法により形成されたものである。

【0143】

磁石本体11の表面に乾式めっき層121を形成することで、後述する湿式めっき層122を湿式めっき法により形成する際に、磁石本体11の表面における導電性のばらつきを十分に小さくすることができる。これによりピンホール等の欠陥の発生を効果的に防止しつつ、湿式めっき層122を均一かつ緻密に形成することができる。その結果、永久磁石1は、めっき膜12の剥離がきわめて生じにくいものとなり、特に優れた耐錆性を有し、機械的強度を有するものとなる。

【0144】

また、乾式めっき層121を形成することにより、以下のような効果が得られる。

すなわち、磁石本体の形状が略円筒形状のような複雑な形状を有するものである場合、磁

10

20

30

40

50



石本体の表面に、直接、湿式めっき法によりめっき膜を形成した場合、各部位でのめっき膜の厚さのばらつきは、大きくなりやすい。例えば、磁石本体が略円筒形状を有する場合、磁石本体の内周側は、陰影部となり、外周側に比べて電流密度が低くなりやすい。その結果、外周側のめっき膜の厚さに比べて、内周側のめっき膜の厚さが小さくなりやすかった。これに対し、本実施形態では、湿式めっきを施すのに先立ち、磁石本体 11 の表面に乾式めっき層 121 を形成することで、湿式めっきの際の外周側と内周側とで表面電流密度のばらつきを特に小さいものとすることができる。これにより、より均一な膜厚の（外周側と内周側とで厚みのばらつきが極めて小さい）湿式めっき層 122 を形成することができる。その結果、めっき膜 12 全体としての膜厚のばらつきも極めて小さいものとなる。また、これにより、各部位でのめっき膜 12 の膜質が安定し、永久磁石 1 全体としての耐食性は、さらに向上する。

10

#### 【0145】

乾式めっき層 121 は、電気伝導度が  $2 [m \cdot \Omega^{-1} \cdot mm^{-2}]$  以上の導電物質から構成されるのが好ましい。これにより、磁石本体 11 の表面に十分な導電性を付与することができる。

#### 【0146】

上記のような電気伝導率を有する材料の中でも、乾式めっき層 121 の構成材料としては、特に、Cu、Al、Pd、Au、Ag、Pb、Sn、Ni、Fe、Co、In、V、Cr、Be、Zn、Ti、Mn から選択される 1 種または 2 種以上を含むものが好ましい。

20

#### 【0147】

電気伝導度が  $2 [m \cdot \Omega^{-1} \cdot mm^{-2}]$  以上の物質として具体的には、マグネシウム合金、アルミ合金、チタン合金、青銅、黄銅、モネル、洋白、ステンレス鋼等が挙げられる。

#### 【0148】

上述したように、乾式めっき層 121 は、乾式めっき法により形成されたものである。乾式めっき法としては、例えば、真空蒸着、スパッタリング、熱 CVD、プラズマ CVD、レーザー CVD 等の化学蒸着法 (CVD)、イオンプレーティング等が挙げられるが、中でも特に、イオンプレーティング法が好ましい。乾式めっき法として、イオンプレーティング法を用いることにより、より緻密で、磁石本体 11 との密着性が特に優れた乾式めっき層 121 を、均一な膜厚で形成することができる。

30

#### 【0149】

イオンプレーティング法により乾式めっき層 121 を形成する際に用いるイオンプレーティング装置の一例を図 4 に示す。図 4 に示すイオンプレーティング装置は、高周波励起方式によるものである。

#### 【0150】

このイオンプレーティング装置 2 は、イオンプレーティング槽を構成する真空容器 21 と、真空ポンプ 22 と、ガス導入ニードル弁 23 と、抵抗加熱部 24 と、DC ソース 25 と、高周波発生コイル 26 と、搭載基盤 27 とを有する。

#### 【0151】

真空ポンプ 22 は、真空容器 21 内を所定の真空度まで排気する。イオンプレーティングの際、真空容器 21 内部は、通常、真空度  $100 \sim 1000 Pa$  程度まで減圧される。

40

#### 【0152】

ガス導入ニードル弁 23 からは、イオン化導入ガスが導入される。イオン化導入ガスとしては、Ar、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、He、O<sub>2</sub>、Ne 等のガスが挙げられる。これらのガスは、単独で用いてもよいし、2 種以上を混合して用いてもよい。

#### 【0153】

抵抗加熱部 24 には蒸発源 28 であるイオンめっき物質が配置され、抵抗加熱により溶融される。加熱温度は蒸発源 28 の組成等に応じて設定される。蒸発源 28 の融点を  $T_m [^{\circ}C]$  としたとき、加熱温度は、通常、 $T_m \sim (T_m + 100)^{\circ}C$  であるのが好ましい。

50

## 【0154】

搭載基盤27は、抵抗加熱部24と対向して配されており、この搭載基盤27上に、被めっき部材である磁石本体11が配置される。

## 【0155】

また、抵抗加熱部24と搭載基盤27との間には高周波発生コイル26が配されている。高周波励起には、通常、周波数10MHz以下の周波数帯が利用される。

## 【0156】

そして、DCソース25により、陰極部（搭載基盤27）および対極間にはDC0.1～10kV直流電圧が印加される。蒸発源28から蒸発した材料は、高周波励起によってイオン化され、搭載基盤27上の被めっき部材である磁石本体11の表面に堆積する。

10

## 【0157】

以上のようにして、磁石本体11の表面に乾式めっき層121が形成される。なお、上記のような乾式めっきを行う際には、例えば、被めっき部材である磁石本体11を、回転させてもよい。これにより、形成される乾式めっき層121の厚さのばらつきを、さらに小さくすることができる。

## 【0158】

乾式めっき層121の平均厚さは、0.1～2.5μmであるのが好ましく、0.2～2.0μmであるのがより好ましい。乾式めっき層121の平均厚さが前記下限値未満であると、磁石本体11の空孔率等によっては、乾式めっき層121が島状に形成され、乾式めっき層121を形成することによる効果が十分に発揮されない可能性がある。一方、乾式めっき層121の平均厚さが前記上限値を超えると、磁石本体11と乾式めっき層121との密着性が低下したり、ピンホールが発生し易くなる。また、乾式めっき層121の平均厚さが前記上限値を超えると、永久磁石製造のコスト高等の課題が発現し易くなる。

20

## 【0159】

また、乾式めっき層121の平均厚さを $D_A$  [μm]とし、後述する湿式めっき層122の平均厚さを $D_B$  [μm]としたとき、 $0.002 < D_A / D_B < 1.667$ の関係を満足するのが好ましく、 $0.004 < D_A / D_B < 1.333$ の関係を満足するのがより好ましい。このような関係を満足することにより、めっき膜の表面付近におけるピンホールの発生をより効果的に抑制することができる。その結果、最終的に得られる永久磁石は、耐食性等が特に優れたものとなる。

30

## 【0160】

また、乾式めっき層121の形成に先立ち、磁石本体11の表面に対して、前処理を施してもよい。前処理としては、例えば、プラスト処理、アルカリ洗浄（アルカリ脱脂処理）、酸洗浄、水洗（純水洗浄を含む）、有機溶剤洗浄、超音波洗浄、ボンバード処理等の清浄化処理、エッチング等が挙げられる。このような前処理を施すことにより、例えば、磁石本体11と乾式めっき層121との密着性をさらに優れたものにすることができる。

## 【0161】

そして、本実施形態の永久磁石1では、乾式めっき層121上に、湿式めっき層122を有している。湿式めっき層122は、湿式めっき法により形成されたものである。

## 【0162】

上述したように、本実施形態では、湿式めっき層122の形成に先立ち、磁石本体11の表面に乾式めっき層121を形成する。これにより、湿式めっき層122を形成する各部位での導電性のばらつきを十分に小さくすることができる。その結果、本工程で形成される湿式めっき層122は、各部位での膜質（例えば、膜厚、密度等）が十分に均一で、緻密なものとなる。したがって、得られる永久磁石1は、特に優れた耐食性、機械的強度を有するものとなる。

40

## 【0163】

湿式めっき層122は、主として金属材料で構成されたものである。このような湿式めっき層122が設けられることにより、永久磁石1の機械的強度は、特に優れたものとなる。このため、永久磁石1には、比較的大きな外力が加わる用途にも好適に適用できる。例

50

例えば、本実施形態の永久磁石1を後述するようなモータに用いる場合に、熱カシメまたは圧入で、支持部材（ヨーク）に支持固定することが可能になる。これにより、永久磁石1を、ヨークに十分な密着性（接合強度）で支持固定することが可能となる。

【0164】

湿式めっき層122を構成する金属材料としては、例えば、Ni、Cu、Cr、Fe、Zn、Cd、Sn、Pb、Al、Au、Ag、Pd、Pt、Rh等、またはこれらのうち少なくとも1種を含む合金等が挙げられる。この中でも、湿式めっき層122を構成する金属材料としては、Niを主とするものであるのが好ましい。これにより、永久磁石1の耐食性、機械的強度は特に優れたものとなる。また、永久磁石1を後述するモータの製造に用いた場合には、永久磁石1と支持部材（ヨーク）との密着性（接合強度）が特に優れたものとなる。

10

【0165】

湿式めっき層122の平均厚さは、特に限定されないが、1.5～45 $\mu$ mであるのが好ましく、12～40 $\mu$ mであるのがより好ましい。湿式めっき層122の平均厚さが前記範囲内の値であると、上記の効果（特に、機械的強度の向上）がより顕著なものとなる。

【0166】

また、本実施形態の永久磁石1を後述するようなモータに用いる場合、湿式めっき層122は、前記第1実施形態で説明した[1]～[3]の条件を満足するのが好ましい。

【0167】

このような湿式めっき層122は、電解めっき、浸漬めっき、無電解めっき等の湿式めっき法によって形成される。この中でも、電解めっき、無電解めっきがより好ましい。

20

【0168】

湿式めっき層122の形成方法として湿式めっき法を用いることにより、比較的簡易な装置で、乾式めっき層121との密着性（接合強度）に優れ、かつ、均質な湿式めっき層122を容易に形成することができる。このような効果は、電解めっき、無電解めっきを用いた場合により顕著なものとなる。

【0169】

また、電解めっき、無電解めっきでは、めっき液の組成を調節することにより、形成される湿式めっき層122の組成を容易に調節することができる。その結果、例えば、湿式めっき層122の物性（例えば、機械的強度、硬度、摩擦係数、熱膨張率、耐食性等）や、湿式めっき層122の、乾式めっき層121に対する親和性等を容易に調節することができる。

30

【0170】

また、電解めっきでは、電流密度等のめっき条件を調節することにより、湿式めっき層122の膜厚、密度等を容易に調節することができる。その結果、湿式めっき層122の物性（例えば、機械的強度、硬度、摩擦係数、耐食性等）を容易に調整することができる。

【0171】

電解めっきは、例えば、以下のような条件で行うのが好ましい。

電解めっき時における浴温は、特に限定されないが、20～70℃であるのが好ましく、40～65℃であるのがより好ましい。浴温が、前記下限値未満であると、めっき速度の低下、光沢ムラ、異常析出が発生しやすい。一方、浴温が、前記上限値を超えると、異常析出、光沢剤の分解が発生しやすい。

40

【0172】

また、電解めっき時における電流密度は、特に限定されないが、0.1～8.0A/dm<sup>2</sup>であるのが好ましく、0.5～6.0A/dm<sup>2</sup>であるのがより好ましい。電流密度が前記範囲内の値であると、乾式めっき層121との密着性に優れ、かつ、均質で緻密な湿式めっき層122を、効率良く形成することができる。

【0173】

また、無電解めっきでは、液温度、めっき時間等を調節することにより、形成される湿式めっき層122の膜厚、密度を容易に調節することができる。その結果、例えば、湿式め

50

つき層 1 2 2 の耐食性物性や、乾式めっき層 1 2 1 に対する親和性等を容易に調節することができる。

【0174】

また、無電解めっきでは、磁石本体 1 1 のような円筒状の被めっき部材に対しても、特別な調整を施すことなく、膜厚のばらつきが特に小さい湿式めっき層 1 2 2 を形成することができる。

【0175】

無電解めっきは、例えば、以下のような条件で行うのが好ましい。

無電解めっき時における浴温は、特に限定されないが、一例としてニッケルほう素系の無電解めっきの場合、50～70℃であるのが好ましく、55～65℃であるのがより好ましい。浴温が、前記下限値未満であると、めっき速度の低下、異常析出が発生しやすい。一方、浴温が、前記上限値を超えると、浴液の分解が生じやすい。

【0176】

また、湿式めっき層 1 2 2 の形成に先立ち、乾式めっき層 1 2 1 の表面に対して、前処理を施してもよい。前処理としては、例えば、プラスト処理、アルカリ洗浄（アルカリ脱脂処理）、酸洗浄、水洗（純水洗浄を含む）、有機溶剤洗浄、超音波洗浄、ボンバード処理等の清浄化処理、エッチング等が挙げられる。このような前処理を施すことにより、例えば、乾式めっき層 1 2 1 と湿式めっき層 1 2 2 との密着性をさらに優れたものにすることができる。

【0177】

なお、湿式めっき層 1 2 2 の各部位における組成は、一定であっても、一定でなくてもよい。例えば、湿式めっき層 1 2 2 は、その厚さ方向に沿って、組成が順次変化するもの（傾斜材料）であってもよい。

【0178】

また、湿式めっき層 1 2 2 は、例えば、形成方法、形成条件、組成の異なる複数の層の積層体であっても良い。湿式めっき層 1 2 2 をこのような積層体として形成することにより、永久磁石 1 の耐食性、機械的強度をさらに優れたものにすることができる。

【0179】

湿式めっき層 1 2 2 は、各部位での厚さのばらつきが小さいものであるのが好ましい。これにより、永久磁石 1 は、安定した耐食性、機械的強度を有するものとなる。また、永久磁石 1 を後述するようなモータに用いた場合、湿式めっき層 1 2 2 の厚さのばらつきが小さいことにより、永久磁石 1 全体としての寸法精度が向上し、寸法公差を小さくすることができる。その結果、このような永久磁石 1 を備えたモータは、軸ぶれによる振動や、騒音（異音）を、より発生しにくいものとなる。

【0180】

次に、前述した永久磁石 1 を備えた本発明のモータ用部品およびモータの好適な実施形態について説明する。

【0181】

図 5 は、本発明のモータ用部品（ロータ）の好適な実施形態を示す断面側面図、図 6 は、図 5 に示すモータ用部品を有するモータの好適な実施形態を示す断面側面図である。図 5、図 6 中では、図 1、図 2 に示すような永久磁石 1 を有する構成について説明したが、永久磁石 1 は、図 3 に示すような構成のものであってもよいことは言うまでもない。以下、図 5 中、下側を「基端」、上側を「先端」として説明する。

【0182】

まず、モータ用部品（ロータ）について説明する。

図 5 に示すように、ロータ（回転子）3 は、ハブ 3 1 と、ハブ 3 1 の先端側の内表面に接合されたスリーブ 3 2 と、ハブ 3 1 の基端側の内表面に接合されたヨーク 3 3 と、ヨーク 3 3 （支持部材）の内表面側に接合、固定された永久磁石 1 とで構成されている。

【0183】

スリーブ 3 2 は、略円筒状をなし、その内表面側に溝（中逃げ部）3 2 3 を有する。

## 【0184】

スリーブ32は、後述するようなモータ4の製造に用いた場合、軸受け（動圧流体軸受け）として機能する。すなわち、スリーブ32は、長手方向（図5中の上下方向）の異なる2箇所に、内側に突出する軸受け部321、322を有している。軸受けが、このような動圧流体軸受け（滑り軸受け）であると、後述するような高回転領域で用いられるモータに好適に適用することができる。

## 【0185】

スリーブ32の構成材料としては、例えば、銅もしくは真鍮などの銅合金、アルミニウム、鉄もしくはステンレスなどの鉄合金、またはもしくはそれらを粉末原料とする金属焼結体、 $Al_2O_3$ （アルミナ）、チタニア（ $TiO_2$ ）、ジルコニア（ $ZrO_2$ ）等を主成分とするセラミックス、合成樹脂等が挙げられる。

10

## 【0186】

ヨーク33は、略円筒状をなし、ハブ31の基端側の内表面に接合、固定されている。

## 【0187】

ヨーク33の構成材料は、特に限定されないが、通常、金属または合金材料で構成される。ヨーク33を構成する材料としては、Fe、Al、快削鋼、ステンレス鋼、真鍮、焼結合金やこれらのうち少なくとも1種を含む合金等が挙げられるが、少なくとも永久磁石1と接触する部位がFeまたはAlを主とする材料で構成されたものであるのが好ましい。これにより、ヨーク33は、十分な機械的強度を有し、かつ、永久磁石1のめっき膜12との接合強度（密着性）が、特に優れたものとなる。

20

## 【0188】

また、ヨーク33の構成材料は、室温付近での熱膨張率（線膨張率）が、 $4 \sim 30 [ \times 10^{-6} K^{-1} ]$ であるのが好ましく、 $8 \sim 25 [ \times 10^{-6} K^{-1} ]$ であるのがより好ましい。ヨーク33の構成材料の熱膨張率（線膨張率）が前記下限値未満であると、例えば、永久磁石1とヨーク33との接合を熱カシメにより行う場合、その製造工程において、ヨーク33を比較的高温にしなければ、ヨーク33の中空部に永久磁石1を挿通するのが困難となる場合がある。一方、ヨーク33の構成材料の熱膨張率（線膨張率）が前記上限値を超えると、ロータ3が高温環境下に曝されたときに、永久磁石1とヨーク33との密着性が低下する可能性がある。

30

## 【0189】

また、ヨーク33は、その表面粗さRaが $0.5 \sim 10.0 \mu m$ であるのが好ましく、 $1.0 \sim 5.0 \mu m$ であるのがより好ましい。ヨーク33の表面粗さRaが前記範囲内の値であると、例えば、永久磁石1とヨーク33との接合を圧入により行う場合、その操作を容易に行うことができる。また、圧入時に、永久磁石1の表面に、傷が付くのをより効果的に防止することができる。その結果、永久磁石1の腐食、機械的強度の低下が防止され、結果として、モータの長期安定性が向上する。

## 【0190】

一方、ヨーク33の表面粗さRaが前記下限値未満であると、永久磁石1とヨーク33との密着性（接合強度）が低下する可能性がある。また、ヨーク33の表面粗さRaが前記上限値を超えると、上記の効果が十分得られない可能性がある。

40

## 【0191】

永久磁石1は、上述したように、円筒形状をなす磁石本体11と、磁石本体11の表面に形成されためっき膜12と、めっき膜12の表面付近に存在する空孔14内に形成された封孔部13とを有する。

## 【0192】

磁石本体11は、多極着磁されている。

上述したように、永久磁石1は、磁石本体11の表面にめっき膜12を有し、さらに、めっき膜12の表面付近に存在する空孔14内に封孔部13が形成された構成となっており、これにより、優れた機械的強度、耐食性を有している。このため、磁石本体11の特性を長期間にわたって安定的に発揮することができる。

50

## 【0193】

このような永久磁石1は、熱カシメまたは圧入により、ヨーク33（支持部材）に固定されている。これにより、永久磁石1は、十分な密着性（接合強度）でヨーク33に支持固定されたものとなる。このように、永久磁石1とヨーク33とが十分に高い強度で接合されたものであると、ロータ3を、モータ（特に、高回転領域で用いられるモータや、繰り返し使用されるモータ、長期間連続して使用されるモータ等）に適用した場合における、永久磁石1とヨーク33との接合不良の発生が、より効果的に防止される。その結果、モータの駆動時等における異音の発生、モータのトルク特性の低下等の問題の発生がより効果的に防止される。また、上記のような接合不良が効果的に防止されることにより、ヨーク33を有するモータ4は、故障、破損等を生じ難い、信頼性に優れたものとなる。

10

## 【0194】

また、永久磁石1とヨーク33とが、熱カシメまたは圧入で接合されることにより、永久磁石1とヨーク33との接合部に、従来用いられてきたような有機接着剤を用いなくても十分な接合強度が得られる。このように、有機接着剤を用いることなく、永久磁石1とヨーク33とを接合した場合、ロータ3の重心のアンバランス量（回転アンバランス量）を、小さいものとすることができる。したがって、ロータ3を適用したモータ4は、例えば、高回転領域で用いた場合でも、軸ぶれによる振動や、騒音（異音）を発生し難いものとなる。

## 【0195】

以上説明したようなロータ3のアンバランス量の測定は、一般的にロータ3の回転に伴う径方向への周期的な応力発生として捉えることができる。この応力を電気的に変換することで、アンバランス量として測定することができる。この回転アンバランス量は、 $0.05\text{ g}\cdot\text{cm}$ 以下であるのが好ましく、 $0.04\text{ g}\cdot\text{cm}$ 以下であるのがより好ましい。

20

## 【0196】

ロータ3の回転アンバランス量が $0.05\text{ g}\cdot\text{cm}$ 以下であると、高回転領域で用いられるモータに適用した場合においても、軸ぶれによる振動や、騒音（異音）を生じ難いものとなる。

## 【0197】

以上説明したようなロータ（モータ用部品）1は、熱カシメまたは圧入により、永久磁石1をヨーク（支持部材）2に支持固定させることにより得られる。

30

## 【0198】

熱カシメにより、永久磁石1をヨーク33に支持固定させるには、熱カシメは、永久磁石1より高温の状態のヨーク33の中空部に、永久磁石1を挿通し、その後、ヨーク33を冷却することにより行う。なお、熱カシメは、例えば、永久磁石1より高温の状態のヨーク33の中空部に、冷却状態の永久磁石1を挿通し、その後、永久磁石1の温度を上昇させることにより行ってもよい。

## 【0199】

また、圧入により、永久磁石1をヨーク33に支持固定させる場合、軸方向（図中の上下方向）への、永久磁石1とヨーク33との相対的な移動速度（接近速度）は、 $0.2\sim 20\text{ cm/秒}$ であるのが好ましく、 $0.5\sim 10\text{ cm/秒}$ であるのがより好ましい。

40

## 【0200】

永久磁石1とヨーク33との相対的な移動速度が前記範囲内の値であると、永久磁石1の表面に傷が付くのを効果的に防止しつつ、効率良く永久磁石1を圧入することができる。このように、永久磁石1の表面に傷が付くのが防止されることにより、永久磁石1の腐食、機械的強度の低下が防止され、結果として、モータの長期安定性が向上する。

## 【0201】

また、永久磁石1とヨーク33との接合を圧入により行う場合、永久磁石1（磁石本体11）は、その端部の角（少なくとも先端部の外周側の角）に面取りを施したものであるのが好ましい。これにより、圧入の操作をさらに容易に行うことが可能になる。また、圧入の操作を行う際に、永久磁石1の表面に、傷が付くのをより効果的に防止することができ

50

る。その結果、永久磁石 1 の腐食、機械的強度の低下が防止され、結果として、モータの長期安定性が向上する。

【0202】

上述したような熱カシメ、圧入により接合される永久磁石 1 は、自然状態（ヨーク 33 と接合する前の状態）での外径が、ヨーク 33 の対応する部位の自然状態（永久磁石 1 と接合する前の状態）での内径より大きい。これにより、得られるロータ 3 における永久磁石 1 とヨーク 33 との接合強度は十分に大きいものとなる。

【0203】

以上、永久磁石 1 とヨーク 33 との接合方法について説明したが、このような接合方法は、例えば、ヨーク 33 とハブ 31 との接合、ハブ 31 とスリーブ 32 との接合にも適用することができる。これにより、ロータ 3 は、高回転領域で用いられるモータに適用した場合においても、軸ぶれによる振動や、騒音（異音）を生じ難い、特に安定した特性を有するものとなる。

【0204】

次に、上述したモータ用部品（ロータ）を備えた本発明のモータについて説明する。

【0205】

図 6 に示すように、モータ（ハードディスクドライブ用モータ）4 は、上述したロータ（回転子）3 と、シャフト（軸）41 と、ステータ（固定子）42 と、基部（フレーム）43 とを有している。

【0206】

シャフト 41 は、ロータ 3 を回転自在に支持している。

シャフト 41 は、通常、ステンレス鋼等の金属材料で構成される。ステンレス鋼としては、例えば、SUS304、SUS303、SUS316、SUS316L、SUS316J1、SUS316J1L 等の Fe-Cr-Ni 系合金、SUS405、SUS420J2、SUS430、SUS434、SUS444、SUS429、SUS430F 等の Fe-Cr 系合金等が挙げられる。

【0207】

ステータ 42 は、所定の間隔（ギャップ）を介して、永久磁石 1 の外周面に対面するように配置されている。

このステータ 42 は、所望の形状に打ち抜かれた珪素鋼板の積層体よりなるコア 421 と、該コア 421 に巻線を施してなるコイル（3 相コイル）422 とで構成されている。

【0208】

基部 43 は、中空部を有する形状を有しており、その内表面側にはシャフト 41 が、圧入等の方法により強固に固定されている。また、基部 43 の外表面側には、ステータ 6 が支持固定されている。

【0209】

また、スリーブ 32 の先端側には、スラスト受け板 45 がフランジ 44 とともに、固定されており、このスラスト受け板 45 は、シャフト 41 の先端部と接触している。

【0210】

このようなモータ 4 では、図示しない導線を介してステータ 42 のコイル 422 へ通電することにより、コア 421 が励磁され、ロータ 3 にトルクが発生する。この場合、コイル 422 への通電は、ロータ 3 の位置を検出するロータ位置センサによる検出信号に基づいて、好ましくは、インバータを備えたモータ駆動制御手段（いずれも図示せず）により制御される。

【0211】

上述したように、このモータ 4 では、熱カシメまたは圧入により、永久磁石 1 とヨーク 33（支持部材）とが接合されているため、ロータ 3 にトルクが発生した場合においても、永久磁石 1 とヨーク 33 との接合不良が発生し難い。その結果、モータの駆動時等における異音の発生、モータのトルク特性の低下等の問題の発生がより効果的に防止される。また、上記のような接合不良が効果的に防止されることにより、ヨーク 33 を有するモータ

10

20

30

40

50

4は、故障、破損等を生じ難い、信頼性に優れたものとなる。

【0212】

また、永久磁石1は、磁石本体11の表面にめっき膜12を有し、さらに、めっき膜12の表面付近に存在する空孔14内に封孔部13が形成された構成となっているため、磁石本体11の腐食や、欠損、破壊等がより効果的に防止される。その結果、モータ4は、長期間にわたって安定した特性を有するものとなる。

【0213】

また、このモータ4では、永久磁石1とヨーク33とが、熱カシメまたは圧入で接合されることにより、永久磁石1とヨーク33との接合部に、従来用いられてきたような有機接着剤を用いなくても十分な接合強度が得られる。このように、有機接着剤を用いることなく、永久磁石1とヨーク33とを接合した場合、ロータ3の重心のアンバランス量（回転アンバランス量）を、特に小さいものとすることができる。その結果、ロータ3を適用したモータ4は、例えば、高回転領域で用いた場合でも、軸ぶれによる振動や、騒音（異音）を発生し難いものとなる。

【0214】

ところで、上記のような有機接着剤を用いる従来の製造方法では、永久磁石とヨークとの間から、余剰の有機接着剤がロータ端面にはみ出すことがあった。このような余剰の有機接着剤は、通常その余剰接着剤は寸法的に許容されるモータ構造で設計される場合が多いが、端面の余剰接着剤はロータの回転による遠心力や振動、トルク変動による周方向の加速度を直接受けるため剥離、破断、脱落が生じる。このような脱落した接着剤の一部が、モータ内に残存し、モータに悪影響を及ぼすことがあった。

【0215】

これに対し、永久磁石1とヨーク33とが、熱カシメまたは圧入で接合することで、有機接着剤を用いなくても十分な接合強度が得られるため、このような問題の発生を回避できる。したがって、本発明は、例えば、ハードディスクドライブ用モータのように、非常に微細な異物の排除が求められるようなものにも、好適に適用することができる。

【0216】

モータ4は、最大回転数が4000rpm以上の領域で用いられるものであるのが好ましく、5000rpm以上の領域で用いられるものであるのがより好ましく、7000rpm以上の領域で用いられるものであるのがさらに好ましい。永久磁石1は、機械的強度に特に優れ、特に十分な耐錆性能を有しているので、モータ4が、このような最大回転数を有するモータであると、本発明の効果はより顕著なものとなる。したがって、従来のように、永久磁石と、その支持部材との接合強度が小さい場合には、信頼性等の問題から実現するのが困難であった高回転型のモータにも、本発明を好適に用いることができる。

【0217】

また、高回転型のモータでは、軸ぶれによる振動や、騒音（異音）の発生を防止、抑制するために、ロータの重心のアンバランス量の低減が一層求められるが、永久磁石1とヨーク33とを熱カシメまたは圧入で接合することで、有機接着剤を用いる必要がないため、ロータの重心のアンバランス量の低減を容易に達成することができる。

【0218】

なお、図示の構成では、モータ4は、ハードディスクドライブに用いられるモータ（ハードディスクドライブ用モータ）である。ハードディスクドライブ用モータは、一般に、高回転領域で用いられるとともに、磁気記録密度が非常に高いため、振動の低減は最も重要な課題のひとつであるが、永久磁石1とヨーク33とを熱カシメまたは圧入で接合することで、このような問題の発生を容易に回避することができる。

【0219】

以上、本発明の永久磁石、永久磁石の製造方法、モータ用部品およびモータを、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0220】

例えば、前述した実施形態では、封孔処理として、空孔内に封孔材料を充填することによ

10

20

30

40

50



り封孔部を形成する方法について説明したが、封孔処理はこのような方法に限定されるものではない。例えば、めっき膜が形成された磁石本体を熱水等で処理（例えば浸漬処理）することにより、空孔内に不動態を形成するような方法であってもよい。

【0221】

また、前述した実施形態では、封孔部は高分子材料で構成されたものとして説明したが、比較的分子量の材料で構成されたものであってもよい。

【0222】

また、前記第2実施形態では、めっき膜として、乾式めっき層、湿式めっき層を、それぞれ1層ずつ有するものについて説明したが、乾式めっき層、湿式めっき層のうち少なくとも一方を、2層以上有するものであってもよい。例えば、めっき膜は、乾式めっき層、湿式めっき層を、それぞれ2層以上有し、これらが交互に積層された構成のものであってもよい。

【0223】

また、乾式めっき層は、上述したようなイオンプレーティングにより形成されたものに限定されず、乾式めっき法により形成されたものであればいかなるものであってもよい。また、乾式めっき層を形成する際のイオンプレーティングは、高周波励起方式の装置を用いた方法に限定されず、いかなる方法で行うものであってもよい。

【0224】

また、磁石本体と乾式めっき層との間には、密着性の向上等を目的とした下地層が形成されていてもよい。

【0225】

また、永久磁石は、例えば、湿式めっき層の表面の少なくとも一部に、有機材料、無機材料等で構成された被覆層（保護膜）等が形成されたものであってもよい。

【0226】

また、本発明の永久磁石は、前述したようなモータ、モータ用部品に適用されるものに限定されない。

【0227】

また、本発明のモータは、上述したようなアウトロータ型のものに限定されず、例えば、インナーロータ型、円盤型のもの等であってもよい。

【0228】

また、本発明のモータは、ハードディスクドライブ用モータに限定されず、いかなるタイプのものであってもよい。

【0229】

また、前述した実施形態では、支持部材がヨークである構成について説明したが、支持部材はこれに限定されず、例えば、シャフト（軸）、ハブ、ケーシング等であってもよい。

【0230】

また、前述した実施形態では、動圧流体軸受け構造を有するものについて説明したが、軸受け構造は、いかなるものであってもよい。例えば、自己潤滑性軸受けや、オリフィス軸受け、ポケット軸受け等の静圧流体軸受けであってもよい。また、上記のような滑り軸受けのほか、例えば、ころがり軸受け（玉軸受）、磁気軸受け等であってもよい。

【0231】

【実施例】

次に、本発明の具体的実施例について説明する。

【0232】

なお、以下に示す例では、具体的な物質名、数値等を挙げて説明しているが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。

【0233】

（実施例1）

〔永久磁石の製造〕

以下のようにして、20種の永久磁石（サンプルNo. 1～No. 20）を製造した。

## 【0234】

<サンプルNo. 1>

まず、Nd-Fe-Co-B系超急冷法磁石粉末（粒度が150#以下の原料粉を使用。）と、結合樹脂としてのビスA型エポキシ樹脂と、添加物としてのステアリン酸とを混合し、これらを常温で45分間混練して、ボンド磁石用組成物（コンパウンド）を作製した。磁石粉末、ビスA型エポキシ樹脂、ステアリン酸の配合比率（重量比率）は、それぞれ97.5wt%、2.3wt%、0.2wt%とした。

## 【0235】

次いで、このコンパウンドを秤量してプレス装置の金型内に充填し、無磁場中にて、常温にて、約12トン/cm<sup>2</sup>の圧力で圧縮成形してから、180℃でエポキシ樹脂を加熱硬化させ、円筒状のボンド磁石を得た。このボンド磁石に対して、その高さ方向の研磨処理を施した。

10

## 【0236】

その後、ボンド磁石を、バレル研磨法により各稜が0.15Rになるまで研磨（面取り）し、これを磁石本体とした。また、磁石本体の空孔率は、5.1vol%であった。

## 【0237】

次に、得られた磁石本体を洗浄した。

磁石本体の洗浄としては、まず、純水超音波洗浄を3分間行った。次に、エースクリーンA-220（50g/L）を用いたアルカリ脱脂を、55℃×2分の条件で行った。次に、2%塩酸を用いて、酸洗浄を常温（25℃）で0.5分間行った。次に、純水洗浄を1分×2回行い、その後、80℃で20分間乾燥した。

20

## 【0238】

上記のようにして洗浄を行った磁石本体の表面に、以下のようにしてめっき膜を形成した。

まず、トップニコロンNAC-A（奥野製薬社製）と、トップニコロン（奥野製薬社製）と、純水とを用いて、めっき液を調製した。得られためっき液中におけるトップニコロンNAC-A、トップニコロンの濃度は、それぞれ、80ml/L、200ml/Lであった。

次に、上記のようにして得られためっき液を用いて、温度85℃×30分の条件で、無電解ニッケルめっきを行い、めっき膜（Ni-P膜）を形成した。

30

## 【0239】

次に、めっき膜が形成された磁石本体を回収し、常温での純水洗浄を1分間行った。さらに、温水（80℃）による純水洗浄を1分間行った。その後、めっき膜が形成された磁石本体を80℃で20分間乾燥した。

## 【0240】

上記のような洗浄を行った後、めっき膜が形成された磁石本体に対して、以下のような封孔処理を施すことにより、封孔部を形成した。

## 【0241】

まず、常温常圧下で、温度：20℃のメタアクリレートエステルモノマー（粘度：10cps）の入った容器内に、めっき膜が形成されたボンド磁石を浸漬した。浸漬してから15分後、容器内からボンド磁石を取り出した。

40

## 【0242】

その後、容器内から取り出したボンド磁石の表面に付着した余剰の封孔材料（メタアクリレートエステルモノマー）を除去した。余剰の封孔材料は、遠心分離機を用いた遠心液きり、次いで、純水（20℃）中への浸漬洗浄を施すことにより行った。

## 【0243】

このようにして余剰の封孔材料を除去した後、温度：90℃の純水中に、5分間浸漬し、封孔部内の封孔材料を硬化させることにより、封孔部を形成した。その後、さらに、純水流水洗浄を3分間行い、70℃で20分間乾燥した。

## 【0244】

50

以上のようにして、めっき膜および封孔部が形成されたボンド磁石を、8極に多極着磁し、図1、図2に示すような構成の永久磁石（サンプルNo. 1）を得た。

【0245】

このようにして得られた永久磁石の最大磁気エネルギー積 $(BH)_{max}$ は、 $79.5 \text{ kJ/m}^3$ であった。

【0246】

<サンプルNo. 2>

めっき膜を、以下に示すような複数の層からなる積層体として形成した以外は、サンプルNo. 1の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 2）を作製した。

【0247】

めっき膜の形成は、以下のようにして行った。

まず、洗浄を行った磁石本体に、Ni-B無電解めっきを行い、ボンド磁石の表面にNi-B膜を形成した。この無電解めっきには、めっき液として、トップケミアロイ66-Mを $60 \text{ ml/L}$ 、トップケミアロイ66-1を $60 \text{ ml/L}$ 、トップケミアロイ66-2を $60 \text{ ml/L}$ の濃度で含むものを用いた。このめっき液のpHは6.5であった。めっき液の浴温、めっき液への浸漬時間は、それぞれ、 $65^\circ\text{C}$ 、20分間とした。

【0248】

その後、Ni-B膜が形成された磁石本体（このような被膜が形成された磁石本体について、以下の説明において、便宜上、単に磁石本体と称する場合がある。）を回収し、常温での純水洗浄を1分間行った。

【0249】

次に、Ni-B膜が形成された磁石本体を洗浄した。磁石本体の洗浄としては、常温での純水洗浄を2分間行った。

【0250】

次に、電解光沢Niめっきを行った。この電解光沢Niめっきには、めっき液として、硫酸Niを $300 \text{ g/L}$ 、塩化Niを $50 \text{ g/L}$ 、ホウ酸を $45 \text{ g/L}$ 、トップレオナBr-Mu（奥野製薬社製）を $4 \text{ ml/L}$ 、トップレオナBR（奥野製薬社製）を $0.15 \text{ ml/L}$ の濃度で含むものを用いた。このめっき液のpHは4.5であった。めっき液の浴温、めっき液への浸漬時間は、それぞれ、 $50^\circ\text{C}$ 、20分間とした。また、電流密度Dkは $2 \text{ A/dm}^2$ とした。

【0251】

次に、電解光沢Niめっきが施された磁石本体を回収し、常温での純水洗浄を1分間行った。さらに、温水（ $80^\circ\text{C}$ ）による純水洗浄を1分間行った。その後、めっき膜が形成された磁石本体を $70^\circ\text{C}$ で20分間乾燥した。

【0252】

その後、めっき膜が形成された磁石本体に対して、サンプルNo. 1の永久磁石と同様にして、封孔処理を施し、さらに、多極着磁することにより、永久磁石（サンプルNo. 2）を得た。

【0253】

<サンプルNo. 3>

めっき膜が形成されたボンド磁石を、封孔材料へ浸漬する際の雰囲気圧力を $60 \text{ kPa}$ とした以外は、サンプルNo. 2の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 3）を作製した。

【0254】

<サンプルNo. 4>

封孔処理時における雰囲気圧力を以下のように変化させた以外は、サンプルNo. 2の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 4）を作製した。

【0255】

まず、めっき膜が形成された磁石本体をチャンバー内に入れ、その後、チャンバー内の圧力を $30 \text{ kPa}$ まで減圧した。チャンバー内の圧力を $30 \text{ kPa}$ に20分間保持した後、

10

20

30

40

50

封孔材料中に、前記磁石本体を浸漬させた。その後、チャンバー内を120kPaとして、この状態で15分間放置した。その後、チャンバー内の圧力を大気圧に戻し、めっき膜の空孔に封孔材料が充填されたボンド磁石を取り出した。

【0256】

<サンプルNo. 5>

封孔処理を以下のようにして行った以外は、サンプルNo. 2の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 5）を作製した。

【0257】

封孔処理は、以下のようにして行った。

まず、常温常圧下で、温度：25℃の水溶性エポキシ樹脂（エポキシ樹脂濃度：25wt %のエマルジョン、粘度：10cps）の入った容器内に、めっき膜が形成されたボンド磁石（洗浄されたもの）を浸漬した。浸漬してから10分後、容器内からボンド磁石を取り出した。

【0258】

その後、容器内から取り出したボンド磁石の表面に付着した余剰の封孔材料（エポキシ樹脂）を除去した。余剰の封孔材料は、遠心分離機を用いた遠心液きり、次いで、純水（20℃）中への浸漬洗浄を施すことにより行った。

【0259】

このようにして余剰の封孔材料を除去した後、85℃×30分間で空孔内の封孔材料を加熱硬化させることにより、封孔部を形成した。その後、さらに、純水洗浄を1分間行い、70℃で20分間乾燥した。

【0260】

<サンプルNo. 6>

封孔処理を以下のようにして行った以外は、サンプルNo. 2の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 6）を作製した。

【0261】

封孔処理は、以下のようなCVD（化学蒸着）法により行った。

まず、原料のジパラキシリレン（di-paraxylene：ポリパラキシリレンに対応するダイマー）を、温度：150～175℃、圧力：100～135Paで気化させた。

【0262】

次に、温度：600～680℃、圧力：50～67Paで、60分間保持し、原料を熱分解させた。

【0263】

さらに、温度：30～35℃、圧力：10～13Paで、90分間保持することにより、磁石本体の表面に、ポリパラキシリレンで構成された被覆層を形成し、その後、温度：-70℃、圧力：1.3Paで、90分間保持した。

【0264】

最後に、装置内の温度を室温、圧力を大気圧とし、封孔部が形成されたボンド磁石を装置内から取り出した。このような封孔処理により、ポリパラキシリレンで構成された膜が、めっき膜の全表面に形成された。

【0265】

なお、このような封孔処理は、チャンバー内の気流を制御し、ワークである磁石本体を回転させながら行った。

【0266】

<サンプルNo. 7>

封孔処理を以下のようにして行った以外は、サンプルNo. 2の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 6）を作製した。

【0267】

封孔処理は、以下のようにして行った。

10

20

30

40

50

まず、常温常圧下で、温度： $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の無機含浸液（プラセラム社製、CS-3、粘度：5 cps）の入った容器内に、めっき膜が形成されたボンド磁石（洗浄されたもの）を浸漬した。浸漬してから15分後、容器内からボンド磁石を取り出した。

【0268】

その後、容器内から取り出したボンド磁石の表面に付着した余剰の封孔材料を除去した。余剰の封孔材料は、遠心分離機を用いた遠心液きり、次いで、純水（ $20^\circ\text{C}$ ）中への浸漬洗浄を施すことにより行った。

【0269】

このようにして余剰の封孔材料を除去した後、 $85^\circ\text{C} \times 30$ 分間で空孔内の封孔材料を加熱硬化させることにより、封孔部を形成した。その後、さらに、純水洗浄を1分間行い、 $70^\circ\text{C}$ で20分間乾燥した。

【0270】

＜サンプルNo. 8＞

めっき膜を、以下に示すような複数の層からなる積層体（乾式めっき層と、湿式めっき層との積層体）として形成した以外は、サンプルNo. 1の永久磁石と同様にして、図3に示すような永久磁石（サンプルNo. 8）を作製した。

【0271】

めっき膜の形成は、以下のようにして行った。

まず、洗浄を行った磁石本体の表面に、イオンプレーティング法によりCuからなる乾式めっき層を形成した。

【0272】

乾式めっき層の形成には、図4に示したような高周波励起方式のイオンプレーティング装置を用いた。

【0273】

乾式めっき層形成時における、イオンプレーティング槽内部の圧力は、 $100 \sim 200 \text{ Pa}$ とし、導入ガスはArガスを用いた。また、DC印加電圧は、 $3.0 \pm 0.2 \text{ kV}$ とし、処理時間は3～10分とした。このようなイオンプレーティングは、被めっき部材である磁石本体を回転させながら行った。

【0274】

このようにして、磁石本体の表面に、Cuからなる乾式めっき層を形成した。形成された乾式めっき層の平均厚さは、 $0.1 \mu\text{m}$ であった。

【0275】

次に、乾式めっき層が形成された磁石本体の乾式めっき層の表面に、湿式めっき法により、主にNiから構成される湿式めっき層を形成した。

【0276】

湿式めっき法による湿式めっき層の形成は、以下の態様で行った。

まず、磁石本体表面を脱脂洗浄した。脱脂洗浄としては、エースクリーンA-220（奥野製薬市場品）を $50 \text{ g/L}$ の濃度で溶解させた洗浄液を用いて、 $50^\circ\text{C}$ で10分間行った。この洗浄液のpHは11.4であった。

【0277】

次に、表面が脱脂された磁石本体を洗浄した。磁石本体の洗浄としては、常温での純水洗浄を1分間行った。

【0278】

上記のようにして洗浄を行った磁石本体に、湿式めっき層を、以下のようにして形成した。

【0279】

まず、Ni-B無電解めっきを行い、乾式めっき層の表面にNi-B膜を形成した。この無電解めっきには、めっき液として、トップケミアロイ66-Mを $60 \text{ ml/L}$ 、トップケミアロイ66-1を $60 \text{ ml/L}$ 、トップケミアロイ66-2を $60 \text{ ml/L}$ の濃度で含むものを用いた。このめっき液のpHは6.5であった。めっき液の浴温、めっき液へ

10

20

30

40

50

の浸漬時間は、それぞれ、65℃、20分間とした。

【0280】

その後、Ni-B膜が形成された磁石本体を回収し、常温での純水洗浄を1分間行った。

【0281】

次に、Ni-B膜が形成された磁石本体を洗浄した。磁石本体の洗浄としては、常温での純水洗浄を2分間行った。

【0282】

次に、電解光沢Niめっきを行った。この電解光沢Niめっきには、めっき液として、硫酸Niを300g/L、塩化Niを50g/L、ホウ酸を45g/L、トップレオナBr-Mu（奥野製薬社製）を4ml/L、トップレオナBR（奥野製薬社製）を0.15ml/Lの濃度で含むものを用いた。このめっき液のpHは4.5であった。めっき液の浴温、めっき液への浸漬時間は、それぞれ、50℃、20分間とした。また、電流密度Dkは2A/dm<sup>2</sup>とした。

【0283】

＜サンプルNo. 9＞

めっき膜が形成されたボンド磁石を、封孔材料へ浸漬する際の雰囲気圧力を45kPaとした以外は、サンプルNo. 8の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 9）を作製した

＜サンプルNo. 10＞

封孔処理時における雰囲気圧力を以下のように変化させた以外は、サンプルNo. 8の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 10）を作製した。

【0284】

まず、めっき膜が形成された磁石本体をチャンバー内に入れ、その後、チャンバー内の圧力を50kPaまで減圧した。チャンバー内の圧力を50kPaに20分間保持した後、封孔材料中に、前記磁石本体を浸漬させた。その後、チャンバー内を130kPaとして、この状態で10分間放置した。その後、チャンバー内の圧力を大気圧に戻し、めっき膜の空孔に封孔材料が充填されたボンド磁石を取り出した。

【0285】

＜サンプルNo. 11＞

封孔処理を以下のようにして行った以外は、サンプルNo. 8の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 11）を作製した。

【0286】

封孔処理は、以下のようにして行った。

まず、常温常圧下で、温度：20℃の水溶性エポキシ樹脂（エポキシ樹脂濃度：25wt%のエマルジョン、粘度：10cps）の入った容器内に、めっき膜が形成されたボンド磁石（洗浄されたもの）を浸漬した。浸漬してから10分後、容器内からボンド磁石を取り出した。

【0287】

その後、容器内から取り出したボンド磁石の表面に付着した余剰の封孔材料（エポキシ樹脂）を除去した。余剰の封孔材料は、遠心分離機を用いた遠心液きり、次いで、純水（20℃）中への浸漬洗浄を施すことにより行った。

【0288】

このようにして余剰の封孔材料を除去した後、85℃×30分間で空孔内の封孔材料を加熱硬化させることにより、封孔部を形成した。その後、さらに、純水洗浄を1分間行い、70℃で20分間乾燥した。

【0289】

＜サンプルNo. 12＞

めっき膜が形成されたボンド磁石を、封孔材料へ浸漬する際の雰囲気圧力を30kPaとした以外は、サンプルNo. 11の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 12）を作製した。

10

20

30

40

## 【0290】

<サンプルNo. 13>

封孔処理時における雰囲気圧力を以下のように変化させた以外は、サンプルNo. 11の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 13）を作製した。

## 【0291】

まず、めっき膜が形成された磁石本体をチャンバー内に入れ、その後、チャンバー内の圧力を35kPaまで減圧した。チャンバー内の圧力を35kPaに15分間保持した後、封孔材料中に、前記磁石本体を浸漬させた。その後、チャンバー内を140kPaとして、この状態で10分間放置した。その後、チャンバー内の圧力を大気圧に戻し、めっき膜の空孔に封孔材料が充填されたボンド磁石を取り出した。

10

## 【0292】

<サンプルNo. 14>

封孔処理を以下のようにして行った以外は、サンプルNo. 8の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 14）を作製した。

## 【0293】

封孔処理は、以下のようなCVD（化学蒸着）法により行った。

まず、原料のジパラキシリレン（di-paraxylene：ポリパラキシリレンに対応するダイマー）を、温度：150～175℃、圧力：100～135Paで気化させた。

## 【0294】

次に、温度：600～680℃、圧力：50～67Paで、300分間保持し、原料を熱分解させた。

20

## 【0295】

さらに、温度：30～35℃、圧力：10～13Paで、360分間保持することにより、磁石本体の表面に、ポリパラキシリレンで構成された被覆層を形成し、その後、温度：-70℃、圧力：1.3Paで、360分間保持した。

## 【0296】

最後に、装置内の温度を室温、圧力を大気圧とし、封孔部が形成されたボンド磁石を装置内から取り出した。このような封孔処理により、ポリパラキシリレンで構成された膜が、めっき膜の全表面に形成された。

30

## 【0297】

なお、このような封孔処理は、チャンバー内の気流を制御し、ワークである磁石本体を回転させながら行った。

## 【0298】

<サンプルNo. 15>

封孔処理を以下のようにして行った以外は、サンプルNo. 8の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 15）を作製した。

## 【0299】

封孔処理は、以下のようにして行った。

まず、常温常圧下で、温度：20℃の無機含浸液（ブラセラム社製、CS-3、粘度：8cps）の入った容器内に、めっき膜が形成されたボンド磁石（洗浄されたもの）を浸漬した。浸漬してから10分後、容器内からボンド磁石を取り出した。

40

## 【0300】

その後、容器内から取り出したボンド磁石の表面に付着した余剰の封孔材料を除去した。余剰の封孔材料は、遠心分離機を用いた遠心液きり、次いで、純水（20℃）中への浸漬洗浄を施すことにより行った。

## 【0301】

このようにして余剰の封孔材料を除去した後、85℃×30分間で空孔内の封孔材料を加熱硬化させることにより、封孔部を形成した。その後、さらに、純水洗浄を1分間行い、70℃で20分間乾燥した。

50

## 【0302】

<サンプルNo. 16>

めっき膜が形成されたボンド磁石を、封孔材料へ浸漬する際の雰囲気圧力を45kPaとした以外は、サンプルNo. 15の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 16）を作製した。

## 【0303】

<サンプルNo. 17>

封孔処理時における雰囲気圧力を以下のように変化させた以外は、サンプルNo. 15の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 17）を作製した。

## 【0304】

まず、めっき膜が形成された磁石本体をチャンバー内に入れ、その後、チャンバー内の圧力を30kPaまで減圧した。チャンバー内の圧力を30kPaに6分間保持した後、封孔材料中に、前記磁石本体を浸漬させた。その後、チャンバー内を150kPaとして、この状態で3分間放置した。その後、チャンバー内の圧力を大気圧に戻し、めっき膜の空孔に封孔材料が充填されたボンド磁石を取り出した。

## 【0305】

<サンプルNo. 18>

めっき膜を形成したボンド磁石に対して、封孔処理を施さなかった以外は、サンプルNo. 1の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 18）を作製した。

## 【0306】

<サンプルNo. 19>

めっき膜を形成せずに、封孔処理を、ボンド磁石の表面に対して直接施した以外は、サンプルNo. 1の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 19）を作製した。

## 【0307】

<サンプルNo. 20>

サンプルNo. 19の永久磁石と同様にして、ボンド磁石の表面に封孔処理を施した後、さらにめっき膜を形成した以外は、サンプルNo. 1の永久磁石と同様にして、永久磁石（サンプルNo. 20）を作製した。

## 【0308】

めっき膜の形成は、以下の態様で行った。

まず、トップニコロンNAC-A（奥野製薬社製）と、トップニコロン（奥野製薬社製）と、純水とを用いて、めっき液を調製した。得られためっき液中におけるトップニコロンNAC-A、トップニコロンの濃度は、それぞれ、80ml/L、200ml/Lであった。

次に、上記のようにして得られためっき液を用いて、温度85℃×30分の条件で、無電解ニッケルめっきを行い、めっき膜（Ni-P膜）を形成した。

## 【0309】

サンプルNo. 1～No. 20の永久磁石について、めっき膜、封孔部の構成、封孔処理の条件を表1に示す。

## 【0310】

【表1】

10

20

30

40



表 1

(実施例 1)

サンプル No.	めっき膜の構成	封孔処理		
		封孔材料	雰囲気圧力 [Pa]	封孔部の構成材料
1(本発明)	Ni-P (無電解)	メタクリレートエステル	$1 \times 10^5$	アクリル樹脂
2(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタクリレートエステル	$1 \times 10^5$	アクリル樹脂
3(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタクリレートエステル	$6 \times 10^4$	アクリル樹脂
4(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタクリレートエステル	$3 \times 10^4$ $/1.2 \times 10^5$	アクリル樹脂
5(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂
6(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	ジハキシレン	10~13	ポリハキシレン
7(本発明)	Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$1 \times 10^5$	珪酸系高分子
8(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタクリレートエステル	$1 \times 10^5$	アクリル樹脂
9(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタクリレートエステル	$4.5 \times 10^4$	アクリル樹脂
10(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	メタクリレートエステル	$5 \times 10^4$ $/1.3 \times 10^5$	アクリル樹脂
11(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂
12(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$3 \times 10^4$	エポキシ樹脂
13(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	エポキシ樹脂	$3.5 \times 10^4$ $/1.4 \times 10^5$	エポキシ樹脂
14(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	ジハキシレン	10~13	ポリハキシレン
15(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$1 \times 10^5$	珪酸系高分子
16(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$4.5 \times 10^4$	珪酸系高分子
17(本発明)	Cu(乾式)/Ni-B(無電解)/Ni(電解)	無機含浸液	$3 \times 10^4$ $/1.5 \times 10^5$	珪酸系高分子
18(比較例)	Ni-P (無電解)	—	—	—
19(比較例)	—	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂
20(比較例)	Ni-P (無電解)	エポキシ樹脂	$1 \times 10^5$	エポキシ樹脂

## 【0311】

[永久磁石の評価]

&lt;めっき膜の膜厚の測定&gt;

以上のようにして作製された各永久磁石について、内周側と外周側とにおけるめっき膜の平均厚さを求めた。めっき膜の膜厚は、蛍光X線測定方法で断面を内周側、外周側各8点測定し平均値を取る方法により求めた。

## 【0312】

&lt;塩水噴霧試験&gt;

10

20

30

40

50

また、サンプル No. 1～No. 20 の各永久磁石について、J I S K 5401 に記載の方法に準拠して、24 時間暴露試験を実施した。

【0313】

その後、各永久磁石の内周面側、外周面側のそれぞれについて、8 倍顕微鏡下で、磁石表面の異なる 10 箇所を観察し、視野内に変色が見られなかった場合には◎として評価した。また、一部変色が 1～2 点確認された場合には○として評価した。また、変色が 3 点以上確認された場合には△として評価した。また、赤錆が 1 点以上確認された場合には×として評価した。

【0314】

<圧環強度の測定>

また、サンプル No. 1～No. 20 の各永久磁石について、圧環強度を測定した。圧環強度の測定は、J I S Z 2507 に準じて行った。

【0315】

サンプル No. 1～No. 20 の永久磁石について、内周側と外周側におけるめっき膜の平均厚さ、塩水噴霧試験および圧環強度の測定の結果を表 2 に示す。

【0316】

【表 2】

表 2 (実施例 1)

サンプル No.	めっき膜平均厚さ [μm]		D <sub>A</sub> /D <sub>B</sub>	塩水噴霧試験 結果	圧環強度 [MPa]
	内周側	外周側			
1(本発明)	18.2	18.5	—	◎	40
2(本発明)	21.0	21.8	—	◎	55
3(本発明)	22.1	22.3	—	◎	60
4(本発明)	21.5	21.6	—	◎	62
5(本発明)	22.3	22.5	—	◎	63
6(本発明)	23.1	22.8	—	◎	60
7(本発明)	21.3	22.0	—	◎	70
8(本発明)	22.1	22.3	0.005	◎	72
9(本発明)	21.2	21.0	0.005	◎	75
10(本発明)	21.1	20.9	0.005	◎	72
11(本発明)	20.5	21.0	0.005	◎	75
12(本発明)	20.1	20.8	0.005	◎	70
13(本発明)	21.8	22.0	0.005	◎	71
14(本発明)	22.3	22.5	0.005	◎	72
15(本発明)	22.2	23.0	0.005	◎	71
16(本発明)	21.5	21.8	0.005	◎	73
17(本発明)	20.2	20.0	0.005	◎	74
18(比較例)	18.2	18.5	—	△	25
19(比較例)	—	—	—	×	12
20(比較例)	18.5	18.1	—	△	30

【0317】

表 2 から明らかなように、めっき膜に対して封孔処理を施したサンプル No. 1～No. 17 の永久磁石（いずれも本発明）は、優れた耐食性、機械的強度を有していた。特に、めっき膜を、乾式めっき層と湿式めっき層との積層体として形成した永久磁石（サンプル No. 8～No. 17）は、永久磁石の内周側と外周側とにおけるめっき膜の厚さのばら

つきが小さく、特に優れた耐食性、機械的強度を有していた。

【0318】

これに対し、サンプルNo. 18～No. 20の永久磁石（いずれも比較例）は、いずれも、耐食性、機械的強度に劣っていた。

【0319】

また、サンプルNo. 1～No. 17の永久磁石（いずれも本発明）について、外周面の12箇所（永久磁石の外周面において、円筒の軸を中心に周方向に30°ずつ分割した箇所）について、めっき膜の厚さを測定した。その結果、膜厚のばらつきは、きわめて小さく、いずれも、 $\pm 0.7 \mu\text{m}$ 以下であった。

【0320】

（実施例2）

〔ロータ（モータ用部品）の製造〕

前記実施例1で製造したサンプルNo. 1～No. 20の各永久磁石を用いて、以下のようにして、図5に示すようなロータ（モータ用部品）を製造した。

【0321】

まず、快削鋼材（SUM21）で構成された略円筒状部材を用意し、これに切削加工を施すことにより、ヨークを得た。このようにして得られたヨークの表面粗さRa（内表面）は、 $1.9 \mu\text{m}$ であった。また、ヨークの20℃における熱膨張率（線膨張率）は、 $11.7 [\times 10^{-6} \text{K}^{-1}]$ であった。

次に、得られたヨークと永久磁石とを熱カシメにより接合した。

【0322】

熱カシメによる接合は、以下のように行った。

まず、加熱台上で、ヨークの温度が200℃になるように加熱した。このような状態で、高さ方向の位置が決まる治具を用いて、ヨークの基端側から、その中空部に永久磁石を挿通した。なお、このときの永久磁石の温度は20℃であった。

【0323】

その後、加熱台から冷却台に移動させ、永久磁石が挿通された状態のヨークを冷却し、その温度を20℃にした。

【0324】

その結果、サンプルNo. 1～No. 18、No. 20の永久磁石を用いたものでは、ヨークと永久磁石とが、強固に接合した接合体が得られた。また、サンプルNo. 19の永久磁石を用いたものでは、冷却に伴うヨークの収縮により、永久磁石に微小なひび割れを生じた。

【0325】

以上のようにして得られた永久磁石とヨークとの接合体を用いて、図5に示すようなロータ（モータ用部品）を得た。なお、ヨーク、ハブ、スリーブの構成材料としては、それぞれ、快削鋼（SUM21）、アルミニウム、真鍮を用い、ヨークとハブとの接合、ハブとスリーブとの接合は、いずれも、圧入により行った。

【0326】

各ロータについて、製造に用いたボンド磁石の寸法（室温（20℃）における自然状態での寸法：外径×内径（先端部付近を除く）×高さ）、ヨークの寸法（室温（20℃）における自然状態での寸法：外径×内径（先端部付近を除く）×高さ）、およびヨークの加熱状態での内径を表3に示す。

【0327】

【表3】

10

20

30

40

表 3

(実施例2)

サンプルNo.	永久磁石寸法[mm]			ヨーク寸法[mm]			加熱時における ヨーク内径
	外径	内径	高さ	外径	内径	高さ	
1(本発明)	22.620	20.721	8.45	24.620	22.622	8.50	22.624
2(本発明)	22.622	20.722	8.46	24.621	22.623	8.49	22.625
3(本発明)	22.623	20.723	8.45	24.622	22.625	8.50	22.627
4(本発明)	22.622	20.724	8.47	24.623	22.626	8.51	22.628
5(本発明)	22.623	20.725	8.46	24.621	22.628	8.50	22.630
6(本発明)	22.625	20.724	8.45	24.622	22.626	8.49	22.628
7(本発明)	22.624	20.725	8.43	24.621	22.625	8.50	22.628
8(本発明)	22.620	20.724	8.45	24.623	22.626	8.51	22.629
9(本発明)	22.621	20.724	8.46	24.622	22.626	8.51	22.628
10(本発明)	22.623	20.726	8.44	24.621	22.628	8.49	22.630
11(本発明)	22.622	20.725	8.44	24.621	22.626	8.50	22.628
12(本発明)	22.625	20.725	8.45	24.623	22.625	8.51	22.628
13(本発明)	22.623	20.724	8.46	24.622	22.625	8.50	22.627
14(本発明)	22.622	20.723	8.44	24.625	22.625	8.49	22.627
15(本発明)	22.624	20.725	8.45	24.623	22.626	8.51	22.628
16(本発明)	22.623	20.726	8.46	24.621	22.627	8.50	22.629
17(本発明)	22.621	20.724	8.45	24.623	22.628	8.51	22.631
18(比較例)	22.621	20.722	8.44	24.623	22.625	8.49	22.629
19(比較例)	22.618	20.721	8.44	24.625	22.623	8.50	22.625
20(比較例)	22.620	20.722	8.45	24.622	22.624	8.49	22.626

10

20

【0328】

[ロータの評価およびモータの製造]

上記のようにして製造された各ロータについて、島津製作所社製動釣合試験機（V C 0 0 3 T形）を用いて回転アンバランス量の測定を実施した。そのときの回転数は3600 r p mとした。

回転アンバランス量の測定結果を表4に示す。

【0329】

【表4】

30

表 4 (実施例2)

サンプ No.	回転アンバランス量 [g・cm]
1(本発明)	0.05
2(本発明)	0.04
3(本発明)	0.045
4(本発明)	0.04
5(本発明)	0.04
6(本発明)	0.035
7(本発明)	0.04
8(本発明)	0.045
9(本発明)	0.035
10(本発明)	0.03
11(本発明)	0.025
12(本発明)	0.025
13(本発明)	0.03
14(本発明)	0.025
15(本発明)	0.02
16(本発明)	0.03
17(本発明)	0.025
18(比較例)	0.8
19(比較例)	0.1
20(比較例)	0.9

## 【0330】

表4から、サンプルNo. 1～No. 17によるロータ（いずれも本発明）では、回転アンバランス量が小さいことがわかる。中でも、めっき膜を、乾式めっき層と湿式めっき層との積層体として形成した永久磁石（サンプルNo. 8～No. 17）を用いたロータでは、回転アンバランス量が極めて小さかった。これに対し、サンプルNo. 19によるロータ（比較例）では、回転アンバランス量が大きかった。

## 【0331】

次に、サンプルNo. 1～No. 20によるロータを用いて、図6に示すようなモータを製造した。

## 【0332】

このようにして得られた各モータについて、ステータのコイルへの通電操作（通電時間：30秒間、最大回転数：7200rpm）を繰り返し行った。

## 【0333】

サンプルNo. 1～No. 17によるモータ（いずれも本発明）では、駆動時の振動、騒音が比較的小さいものであったのに対し、サンプルNo. 19によるモータ（比較例）では、駆動時の振動、騒音が大きかった。これは、熱カシメ時に永久磁石が欠損、破損したためにロータのアンバランス量が大きくなっていったことによるものであると考えられる。

## 【0334】

また、サンプルNo. 19によるモータ（比較例）では、上記の通電操作の回数が約3000回目に達する頃から振動、騒音（異音）がさらに激しいものとなった。

## 【0335】

上記の通電操作を50000回行った後、各モータを分解した。分解した各モータからロ

10

20

30

40

50

ータを取り出し、これらの各ロータについて、J I S K 5 4 0 1に記載の方法に準拠して、24時間暴露試験を実施した。

【0336】

その結果、サンプルNo. 18～No. 20によるロータ（いずれも比較例）では、永久磁石周辺に、赤錆等による変色がはっきりと認められた。これに対し、サンプルNo. 1～No. 17（いずれも本発明）によるロータでは、永久磁石の周辺には錆等による変色が認められなかった。

【0337】

（実施例3）

【ロータ（モータ用部品）の製造】

前記実施例1で製造したサンプルNo. 1～No. 20の各永久磁石を用いて、以下のようにして、図5に示すようなロータ（モータ用部品）を製造した。

【0338】

まず、快削鋼材（SUM21）で構成された略円筒状部材を用意し、これに切削加工を施すことにより、ヨークを得た。このようにして得られたヨークの表面粗さRa（内表面）は、 $1.9\mu\text{m}$ であった。また、ヨークの20℃における熱膨張率（線膨張率）は、 $11.7[\times 10^{-6}\text{K}^{-1}]$ であった。

【0339】

次に、得られたヨークの中空部に、永久磁石を圧入した。永久磁石の圧入は、永久磁石がヨークに対して傾かないような位置出し治具を用いて、油圧プレスにより行った。このときの永久磁石とヨークとの相対的な移動速度（接近速度）は、5cm/秒であった。

【0340】

サンプルNo. 1～No. 17の永久磁石を用いたものでは、圧入の操作を円滑に行うことができ、また、圧入により得られた永久磁石とヨークとの接合体は、永久磁石とヨークとが極めて強固に接合したものであった。中でも、封孔部がポリパラキシリレンで構成された永久磁石（サンプルNo. 6、No. 14）では、圧入の操作を特に円滑に行うことができた。また、サンプルNo. 19の永久磁石を用いたものでは、圧入により接合しようと試みたところ、ボンド磁石の一部が削り取られた。

【0341】

以上のようにして得られた永久磁石とヨークとの接合体を用いて、図5に示すようなロータ（モータ用部品）を得た。なお、ヨーク、ハブ、スリーブの構成材料としては、それぞれ、快削鋼（SUM21）、アルミニウム、真鍮を用い、ヨークとハブとの接合、ハブとスリーブとの接合は、いずれも、前記と同様の熱カシメにより行った。

【0342】

各ロータについて、製造に用いたボンド磁石の寸法（室温（20℃）における自然状態での寸法：外径×内径（先端部付近を除く）×高さ）、ヨークの寸法（室温（20℃）における自然状態での寸法：外径×内径（先端部付近を除く）×高さ）、およびヨークの加熱状態での内径を表5に示す。

【0343】

【表5】

10

20

30

40

表 5

(実施例3)

サンプル No.	永久磁石寸法[mm]			ヨーク寸法[mm]		
	外径	内径	高さ	外径	内径	高さ
1(本発明)	22.625	20.720	8.46	24.630	22.624	8.48
2(本発明)	22.623	20.722	8.48	24.635	22.623	8.49
3(本発明)	22.622	20.723	8.50	24.638	22.622	8.50
4(本発明)	22.623	20.722	8.51	24.635	22.623	8.50
5(本発明)	22.620	20.721	8.49	24.640	22.620	8.48
6(本発明)	22.625	20.725	8.48	24.638	22.624	8.49
7(本発明)	22.624	20.724	8.47	24.632	22.623	8.48
8(本発明)	22.623	20.724	8.46	24.635	22.621	8.46
9(本発明)	22.625	20.723	8.46	24.636	22.623	8.47
10(本発明)	22.624	20.723	8.49	24.636	22.623	8.50
11(本発明)	22.624	20.724	8.50	24.637	22.623	8.50
12(本発明)	22.623	20.725	8.51	24.632	22.622	8.51
13(本発明)	22.625	20.726	8.52	24.638	22.623	8.50
14(本発明)	22.621	20.723	8.51	24.640	22.620	8.49
15(本発明)	22.622	20.724	8.51	24.640	22.620	8.89
16(本発明)	22.623	20.726	8.50	24.637	22.621	8.48
17(本発明)	22.623	20.726	8.49	24.637	22.620	8.49
18(比較例)	22.624	20.725	8.48	24.636	22.623	8.49
19(比較例)	22.624	20.726	8.51	24.635	22.623	8.50
20(比較例)	22.623	20.724	8.49	24.636	22.621	8.49

10

20

【0344】

[ロータの評価およびモータの製造]

30

上記のようにして製造された各ロータについて、島津製作所社製動釣合試験機（V C 0 0 3 T形）を用いて回転アンバランス量の測定を実施した。そのときの回転数は3600 r p mとした。

回転アンバランス量の測定結果を表6に示す。

【0345】

【表6】

表 6 (実施例3)

サンプル No.	回転アンバランス量 [g・cm]
1(本発明)	0.025
2(本発明)	0.02
3(本発明)	0.03
4(本発明)	0.035
5(本発明)	0.03
6(本発明)	0.025
7(本発明)	0.035
8(本発明)	0.02
9(本発明)	0.021
10(本発明)	0.022
11(本発明)	0.023
12(本発明)	0.025
13(本発明)	0.026
14(本発明)	0.028
15(本発明)	0.03
16(本発明)	0.025
17(本発明)	0.024
18(比較例)	0.10
19(比較例)	0.09
20(比較例)	0.08

## 【0346】

表6から、サンプルNo. 1～No. 17によるロータ（いずれも本発明）では、回転アンバランス量が小さいことがわかる。中でも、めっき膜を、乾式めっき層と湿式めっき層との積層体として形成した永久磁石（サンプルNo. 8～No. 17）を用いたロータでは、回転アンバランス量が極めて小さかった。これに対し、サンプルNo. 19によるロータ（比較例）では、回転アンバランス量が大きかった。

## 【0347】

次に、サンプルNo. 1～No. 20によるロータを用いて、図6に示すようなモータを製造した。

## 【0348】

このようにして得られた各モータについて、ステータのコイルへの通電操作（通電時間：30秒間、最大回転数：7200rpm）を繰り返し行った。

## 【0349】

サンプルNo. 1～No. 17によるモータ（いずれも本発明）では、駆動時の振動、騒音が比較的小さいものであったのに対し、サンプルNo. 19によるモータ（比較例）では、駆動時の振動、騒音が大きかった。これは、圧入時にボンド磁石の一部が削り取られたためにロータのアンバランス量が大きくなっていったことによるものであると考えられる。

## 【0350】

また、サンプルNo. 19によるモータ（比較例）では、上記の通電操作の回数が約3000回目に達する頃から振動、騒音（異音）がさらに激しいものとなった。

## 【0351】



上記の通電操作を50000回行った後、各モータを分解した。分解した各モータからロータを取り出し、これらの各ロータについて、JIS K 5401に記載の方法に準拠して、24時間暴露試験を実施した。

#### 【0352】

その結果、サンプルNo. 18～No. 20によるロータ（いずれも比較例）では、永久磁石周辺に、赤錆等による変色がはっきりと認められた。これに対し、サンプルNo. 1～No. 17によるロータ（いずれも本発明）では、永久磁石の周辺には錆等による変色が認められなかった。

#### 【0353】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、長期間にわたって安定した特性を発揮することができる永久磁石、モータ用部品、モータを提供することができる。

#### 【0354】

特に、めっき膜に存在する空孔に対して封孔材料を充填するような封孔処理を行うことにより、永久磁石の耐食性、機械的強度が特に優れたものとなる。その結果、永久磁石、モータ用部品、モータの信頼性は、さらに向上する。

#### 【0355】

また、空孔に充填する封孔材料等を適宜選択することにより、永久磁石の耐食性、機械的強度をさらに向上させることができる。

#### 【0356】

また、磁石本体の表面に形成されるめっき膜を、乾式めっき層と湿式めっき層との積層体とした場合、永久磁石の耐食性、機械的強度が向上するとともに、永久磁石の各部位でのめっき膜の厚さのばらつきを小さくすることができる。したがって、このような永久磁石を用いたモータは、軸ぶれによる振動や騒音（異音）を発生しにくいものとなる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の永久磁石の第1実施形態を示す拡大断面図である。

【図2】図1に示す永久磁石の断面斜視図である。

【図3】本発明の永久磁石の第2実施形態を示す断面斜視図である。

【図4】イオンプレーティング装置の構成を示す模式図である。

【図5】本発明のモータ用部品（ロータ）の好適な実施形態を示す断面側面図である。

【図6】図5に示すモータ用部品を有するモータの好適な実施形態を示す断面側面図である。

#### 【符号の説明】

1 …… 永久磁石    1 1 …… 磁石本体    1 2 …… めっき膜    1 2 1 …… 乾式めっき層    1 2 2 …… 湿式めっき層    1 3 …… 封孔部    1 4 …… 空孔    2 …… イオンプレーティング装置  
2 1 …… 真空容器    2 2 …… 真空ポンプ    2 3 …… ガス導入ニードル弁    2 4 …… 抵抗加熱部    2 5 …… DCソース    2 6 …… 高周波発生コイル    2 7 …… 搭載基盤    2 8 …… 蒸発源    3 …… ロータ    3 1 …… ハブ    3 2 …… スリーブ    3 2 1 …… 軸受け部    3 2 2 …… 軸受け部    3 2 3 …… 溝    3 3 …… ヨーク    4 …… モータ    4 1 …… シャフト    4 2 …… ステータ    4 2 1 …… コア    4 2 2 …… コイル    4 3 …… 基部    4 4 …… フランジ    4 5 …… スラスト受け板

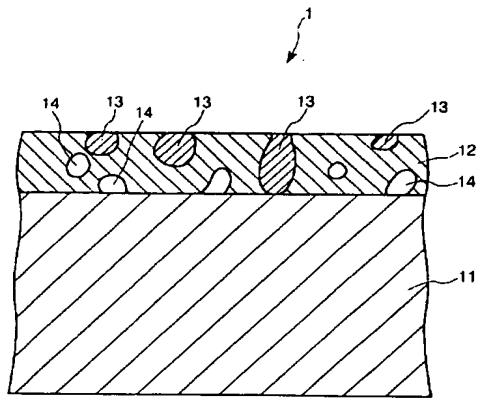
10

20

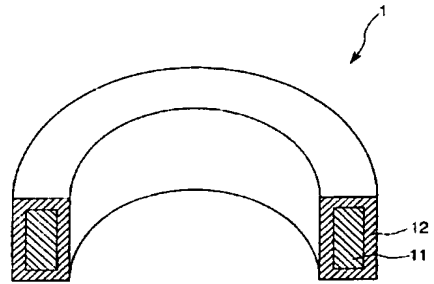
30

40

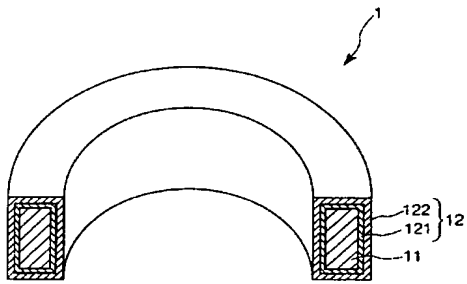
【図 1】



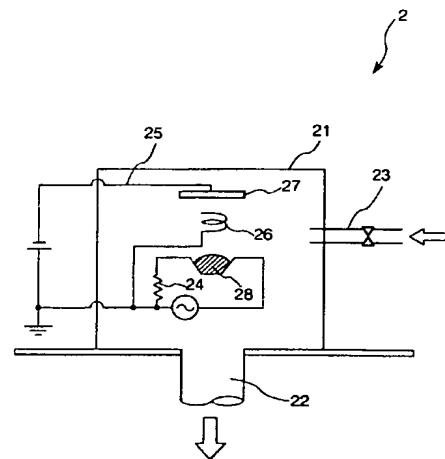
【図 2】



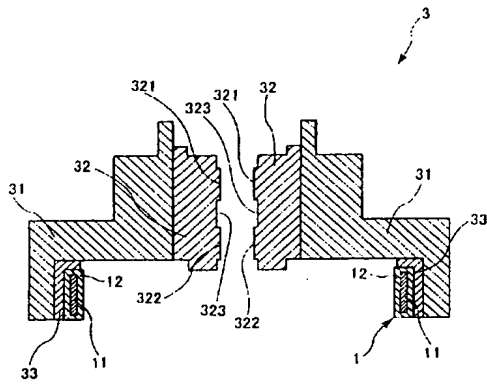
【図 3】



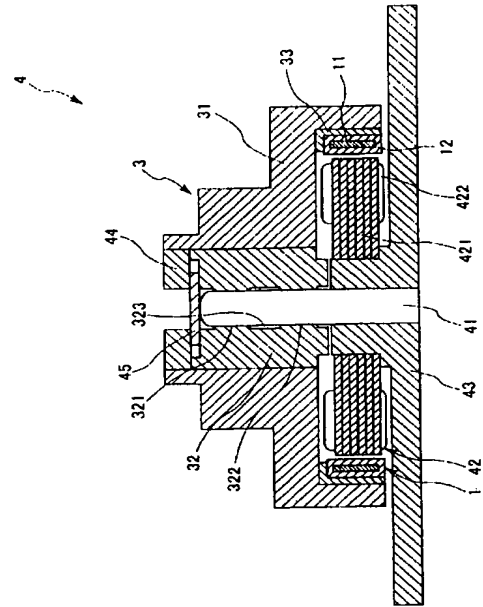
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

H 0 2 K 21/22

H 0 2 K 15/03

A

H 0 2 K 21/22

M

H 0 1 F 1/04

H

(72)発明者 三ツ井 洋二

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 白井 勇人

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5E040 AA04 AA19 BB03 BC05 BC08 CA01 HB14 NN01 NN04 NN05

NN06

5E062 CC02 CE04 CG07

5H621 BB07 JK01 JK15 JK17

5H622 CA01 CA05 DD02 PP11 PP12 QA02 QA08